

---

**ANNUAL REPORT**  
of the  
**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1985**

---

**INFORME ANUAL**  
de la  
**Comision Interamericana del Atun Tropical**

---

**La Jolla, California**  
**1986**

## CONTENTS-INDICE

### ENGLISH VERSION-VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETING.....	8
ADMINISTRATION .....	9
Budget.....	9
Financial statement .....	9
Inter-agency cooperation .....	13
Field stations.....	14
PUBLICATIONS AND REPORTS.....	15
THE FISHERY IN 1985.....	16
Statistics of catches and landings.....	17
The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean.....	19
RESEARCH IN 1985.....	20
Abundance of tunas and success of fishing.....	20
Tuna biology .....	23
Oceanography and tuna ecology .....	38
Tuna-dolphin investigations .....	43
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1985 AND OUTLOOK FOR 1986 .....	56
Yellowfin .....	56
Skipjack .....	73
Bigeye .....	78
Northern bluefin.....	81

## VERSION EN ESPAÑOL-SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION .....	85
REUNION DE LA COMISION .....	86
ADMINISTRACION .....	87
Presupuesto .....	87
Declaración financiera .....	87
Colaboración entre entidades afines .....	91
Oficinas regionales.....	93
PUBLICACIONES E INFORMES.....	93
LA PESCA EN 1985 .....	94
Estadísticas de captura y desembarque .....	95
La flota atunera del Océano Pacífico oriental.....	97
INVESTIGACION EN 1985.....	98
Abundancia de atunes y resultados de pesca .....	98
Biología de los túnidos.....	102
Oceanografía y ecología del atún .....	118
Investigación atún-delfín.....	124
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1985 Y PERSPECTIVAS PARA 1986.....	139
Atún aleta amarilla .....	139
Barrilete .....	157
Patudo .....	163
Atún aleta azul .....	166
<hr/>	
<b>APPENDIX I-APENDICE I</b>	
STAFF-PERSONAL.....	170
<b>APPENDIX II-APENDICE II</b>	
FIGURES AND TABLES-FIGURAS Y TABLAS .....	174





**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA  
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1985**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN  
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1985**

<b>COSTA RICA</b>	
Virgilio Aguiluz .....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro .....	1950-1969
Fernando Flores B .....	1958-1977
Milton H. López G .....	1965-1977
Eduardo Beeche T .....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rodolfo Sáenz O .....	1977-1979

<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	
Lee F. Payne .....	1950-1961 <sup>1</sup>
Milton C. James .....	1950-1951
Gordon W. Sloan .....	1951-1957
John L. Kask .....	1952
John L. Farley .....	1953-1956
Arnie J. Suomela .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 <sup>2</sup>
Eugene D. Bennett .....	1950-1968 <sup>3</sup>
J. L. McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr .....	1962-1975 <sup>4</sup>
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 <sup>5</sup>
Steven E. Schanes .....	1973-1974
Robert C. Macdonald .....	1973-
Wilvan G. Van Campen .....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr .....	1977-

<b>PANAMA</b>	
Miguel A. Corro .....	1953-1957
Domingo A. Díaz .....	1953-1957
Walter Myers, Jr .....	1953-1957
Juan L. de Obarrio .....	1958-1980
Richard Eisenmann .....	1958-1960
Gabriel Galindo .....	1958-1960
Harmodio Arias, Jr .....	1961-1962
Roberto Novey .....	1961-1962
Carlos A. López Guevara .....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquímedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr .....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-1985
Jaime Valdez .....	1974-1985
Carlos Arellano L .....	1980-1983
Luis E. Rodríguez .....	1980-1984
Armando Martínez .....	1984-
Jesus A. Correa .....	1985-
Carlos Icaza .....	1985-

<b>ECUADOR</b>	
César Raza .....	1961-1962
Enrique Ponce y Cabro .....	1961-1963
Pedro José Arteta .....	1961-1962
Eduardo Burneo .....	1961-1965
Héctor A. Chiriboga .....	1963-1966
Francisco Baquerizo .....	1963
Vicente Tamariz A .....	1964-1965
Wilson Vela H .....	1966-1968
Luis Pareja P .....	1966-1968
Vinicio Reyes E .....	1966-1968

<b>MEXICO</b>	
Rodolfo Ramirez G .....	1964-1966
Mauro Cárdenas F .....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña .....	1964-1968
Maria Emilia Téllez B .....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L .....	1967-1970
Alejandro Cervantes D .....	1960-1978
Amin Zarur M .....	1968-1970
Arturo Díaz R .....	1970-1978
Joaquin Mercado F .....	1970-1977
Pedro Mercado S .....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

<b>CANADA</b>	
Emerson Gennis .....	1968-1969
Alfred W. H. Needler .....	1968-1972
E. Blyth Young .....	1968-1980
Leo E. Labrosse .....	1970-1972
Robert L. Payne .....	1970-1974
G. Ernest Waring .....	1970-1976
S. Noel Tibbo .....	1970-1977
James S. Beckett .....	1977-1984
Michael Hunter .....	1981-1984

<b>JAPAN</b>	
Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Shoichi Masuda .....	1971-1985
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida .....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya .....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-1983
Toshio Isogai .....	1980-1983
Susumu Akiyama .....	1984-
Ryuichi Tanabe .....	1984-1985
Satoshi Moriya .....	1985-
Yamato Ueda .....	1985-

<b>FRANCE</b>	
Serge Garache .....	1973-
Robert Letacconnoux .....	1973-1983
Rene Thibaudau .....	1976-1977
Maurice Fourneyron .....	1980-

<b>NICARAGUA</b>	
Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1980
Antonio Flores Arana .....	1973-1978
Jose B. Godoy .....	1976-1980
Octavio Gutierrez D .....	1977-1980
Jamil Urroz E .....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares .....	1985-

<sup>1</sup>Deceased in service April 10, 1961

<sup>1</sup>Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

<sup>2</sup>Deceased in service April 26, 1965

<sup>2</sup>Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

<sup>3</sup>Deceased in service December 18, 1968

<sup>3</sup>Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

<sup>4</sup>Deceased in service May 5, 1973

<sup>4</sup>Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

<sup>5</sup>Deceased in service October 16, 1975

<sup>5</sup>Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1985**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984.

The principal duties of the Commission under the convention are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations, both at sea and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director, who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 35th year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its annual report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals, and trade journals. By the end of 1985 the Commission's staff had published 121 Bulletins, 5 Special Reports, 225 books and articles in books and outside journals, and 34 annual reports. All scientific and annual reports have been given world-wide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

**COMMISSION MEETING**

The Commission held its 43rd meeting in Tokyo, Japan, on October 15-16, 1985. Mr. Satoshi Moriya of Japan, served as Chairman. Representatives of all five member governments attended the meeting, as did observers from Chile, Costa Rica, Ecuador, Mexico, New Zealand, Peru, the Republic of Korea, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the International Whaling Commission, and the South Pacific Commission.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the Meeting
2. Consideration and Adoption of the Agenda
3. Review of Current Research
4. Review of the Tuna-Dolphin Program
5. The 1985 Fishing Year
6. Condition of the Yellowfin Stock and Recommendations for 1986
7. Recommended Research Program and Budget for 1987-1988
8. An Update of Activities Concerning Arrangements for Tuna Management in the Eastern Pacific
9. Place and Date of Next Meeting
10. Election of Officers
11. Other Business
12. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 175,000 short tons for the 1986 fishing year, with the option to increase this limit by two increments of 15,000 tons each to allow for the possibility that the staff had underestimated the stock abundance. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1986:

*Recognizing that* there is a need for a conservation program to prevent the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean from being reduced below a level which would ensure high productivity in the future,

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends* to the High Contracting Parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1986, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1986 calendar year of 175,000 short tons from the CYRA as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962, and

*Further recommends* that the Director of Investigations should be authorized to increase this limit by no more than two successive increments if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, the increments will be 15,000 tons each,

*Finally recommends* that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1986.

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$3,303,192 for the 1987-1988 fiscal year.

(3) The Commission agreed to hold its next regular meeting in Panama, Republic of Panama, on May 5-7, 1987.

(4) The Commission elected Mr. Armando R. Martínez V. of Panama and Mr. Abelino Aróstegui Valladares of Nicaragua as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1986-1987.

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 40th meeting, held in La Jolla, California, USA, on October 19 to 21, 1982, the Commission unanimously approved the budget for the 1984-1985 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$2,718,180. However the final amount received from the member nations in the 1984-1985 fiscal year was \$2,448,511, a shortfall of \$269,669 from the amount which was recommended and approved. As a consequence the Commission cancelled its plan to conduct a large-scale tagging experiment off the coast of Ecuador and in the vicinity of the Galapagos Islands. This experiment was designed to learn more about the population structure of skipjack.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1983-1984 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report follow:

## TUNA COMMISSION

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Balance Sheet**  
**September 30, 1985**

*Assets*

## Current assets

Cash	\$ 144,296
Accounts receivable	8,837
Advances and deposits	60,819
	<hr/>
Total current assets	214,952

## Real property, at cost

325,775

---

\$ 540,727

---

*Liabilities and Fund Balances*

## Current liabilities:

Accounts payable	52,200
Accrued expenses	255,163
	<hr/>
Total current liabilities	307,363

## Fund balance:

General fund (deficiency)	(92,411)
Real property fund	325,775
	<hr/>

## Total fund balance

233,364

---

\$ 540,727

---

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Changes in Financial Position**  
**for the year ended September 30, 1985**

## Sources of working capital:

Excess of revenues over expenses

-

Increase in working capital

\$ -

## Uses of working capital:

Deficiency of revenues over expenses

\$ 26,608

Decrease in working capital

\$ 26,608

## Changes in components of working capital:

Increase (decrease) in current assets:

Cash

1,736

Certificates of deposit

-

Accounts receivable

(57,672)

Advances and deposits

23,978

(31,958)

## Increase (decrease) in current liabilities:

Accounts payable

2,800

Accrued expenses

(8,150)

(5,350)

## Increase (decrease) in working capital

\$ (26,608)

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Revenue and Expenses**  
**for the year ended September 30,1985**

*Revenue:*

## Government contributions for joint expenses:

United States of America	\$ 2,383,000
Canada	-
Japan	65,511
France	-
Panama	-
	<hr/>
Total contributions	2,448,511

Contract revenue	52,212
Interest income	23,687
Other revenue	88,342
	<hr/>
Total revenue	2,612,752

*Expenses:*

Salaries	1,461,775
Employee benefits	357,669
Contract expense	143,217
Travel expense	141,148
Observer costs	115,866
Printing and postage	52,562
Legal and professional	34,813
Materials and supplies	259,624
Rent and utilities	41,532
Insurance and taxes	16,404
(Gain) loss on foreign currency translation	439
Tag rewards	100
Miscellaneous	14,211
	<hr/>
Total expenses	2,639,360

Excess (deficiency) of revenue over expenses	<hr/> \$ (26,608) <hr/>
---	-------------------------



**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Changes in Fund Balances**  
**for the year ended September 30, 1985**

	Unrestricted fund balance	Real property fund	Total
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Balance (deficiency) at September 30, 1983	\$ (147,610)	325,775	178,165
Excess of expenses over revenue	81,807	-	81,807
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Balance (deficiency) at September 30, 1983	(65,803)	325,775	259,972
Excess of expenses over revenue	(26,608)	-	(26,608)
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Balance (deficiency) at September 30, 1984	\$ (92,411)	325,775	233,364
	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>	<hr/> <hr/>

### INTER-AGENCY COOPERATION

During 1985 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on both the national and international level. This contact enables the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain daily contact with scientists of these organizations.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the South Pacific Commission (SPC), and other international bodies continued during 1985. During the year the Commission initiated cooperation with a new fisheries organization, Organización

Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), which was established in 1984 within the framework of the Sistema Económico de América Latina (SELA). A close working relationship with this organization is anticipated in the future. Also during the year the Commission worked closely with the United Nations Environmental Programme (UNEP), particularly through its Global Plan of Action for the Conservation, Management, and Utilization of Marine Mammals. The work was centered on expanding the Commission's tuna-dolphin program in Latin America. UNEP funding was provided to facilitate this work.

Also in 1985 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in many non-member countries in various parts of the world.

A meeting of international fishery experts convened by the Commission's Director in January 1984 to consider tuna research to the year 2000 is a specific example of the Commission's role in inter-agency cooperation. The meeting, held in La Jolla, California, was convened because new demands have been placed on management of tuna resources by the rapid expansion of tuna fisheries into previously underexploited oceanic regions, the extension of national jurisdiction of fisheries by most coastal states, and the increase in effort in historic fisheries. The meeting's participants discussed how research can respond most effectively to these changes, by identifying the critical problems to be dealt with over the next two decades. The experts drew particular attention to three areas of research which merit special attention: (1) movement and distribution of tunas; (2) periodic variation in hard-part constituents in relation to the study of age, stock heterogeneity, and transfer rates; and (3) genetic heterogeneity. These issues were judged to be of such importance to future management needs that the meeting convenor was asked to initiate action on each subject. A working party of seven scientists, including one Commission staff member, was formed to make a detailed study of the first area of research, movement and distribution of tunas. The working party's report was nearly completed at the end of 1985.

The establishment by the Commission of a research facility in Panama, described in the section entitled *Field Stations*, is giving the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. The presence of Commission scientists at this laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers (pargo). It is anticipated that this close cooperation will be consolidated as the projects develop and more call is made on the Commission's expertise in data processing and analysis.

## FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in San Pedro, California, Ensenada, Mexico, Panama, Republic of Panama, Manta, Ecuador, Coishco, Peru, Cumaná, Venezuela, and Mayaguez, Puerto Rico. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to get catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and

assist with the training and placement of scientific technicians aboard vessels participating in the Commission's tuna-dolphin program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Mexico, Costa Rica, Panama, Colombia, Ecuador, Peru, Venezuela, and Puerto Rico, which are visited periodically by these employees. Not all of these tasks are performed by Commission employees in all the above-named countries, however; for example, in 1985 they have participated in the tuna-dolphin work only in Ecuador, Panama, and Venezuela.

In addition, the Commission maintains a laboratory at Achotines Bay, just northwest of Punta Mala in western Panama. The Achotines laboratory is used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, etc.

### PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings by the Commission's scientific staff. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the Commission's staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research.

The Commission publishes the research of its staff, and of cooperating scientists, in its Bulletin series. During 1985 one additional Bulletin was issued in this series in English and Spanish:

Scott, Michael D., Wayne L. Perryman, and William G. Clark. The use of aerial photographs for estimating school sizes of cetaceans. Vol. 18, No. 5.

One additional Commission Special Report, also in English and Spanish, was published in 1985:

Peterson, Clifford L., and William H. Bayliff. Organization, functions, and achievements of the Inter-American Tropical Tuna Commission. No. 5.

In addition to the above publications, 9 papers by staff members were published in other journals:

Allen, Robin L. 1984. Los delfines y la pesca con cerco de atún aleta amarilla. *Com. Perm. Pac. Sur, Rev.*, 14: 3-18.

Allen, Robin L. 1985. Dolphins and the purse-seine fishery for yellowfin tuna. *In* Beddington, J.R., R.J.H. Beverton, and D.M. Lavigne (editors). *Marine*

Mammals and Fisheries, George Allen and Unwin, London: 236-252.

Hammond, P.S., and M.A. Hall. 1985. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific inflicted by the US fleet in 1983 and non-US fleet in 1979-1983. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 35: 431-433.

Hohn, Aleta A., and P.S. Hammond. 1985. Early postnatal growth of the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the offshore tropical Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 83 (4): 553-566.

Miller, Forrest R. 1984. Anomalías de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico oriental tropical y algunas consecuencias que se pueden presentar en la pesca de atún durante El Niño de 1982-1983. Com. Perm. Pac. Sur, Rev., 15: 67-83.

Miller, Forrest R. 1984. Weakening of El Niño at the beginning of 1984. Com. Perm. Pac. Sur, ERFEN Bol., 12: 5-7.

Perrin, William F., Michael D. Scott, G. Jay Walker, and Virginia L. Cass. 1985. Review of geographical stocks of tropical dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS, 28: 28 pp.

Rothschild, B.J., and A.J. Mullen. 1985. The information content of stock-and-recruitment data and its non-parametric classification. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer, 42 (2): 116-124.

Schaefer, Kurt M. 1985. Body temperatures in troll-caught frigate tuna, *Auxis thazard*. Copeia, 1: 231-233.

### THE FISHERY IN 1985

Because of heavy exploitation the yellowfin fishery was under international management from 1966 through 1979. The area in which the yellowfin conservation program applied, referred to as the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), is shown in Figure 1. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; however, it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but this was not implemented. At its 38th through 42nd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, and 174,000 tons for 1985, with provisions to increase them at the discretion of the Director. These quotas were approved, but not implemented. At the 43rd meeting, held in October 1985, the IATTC staff recommended a quota for 1986 of 175,000 tons, with provisions for increases. Again the quota was approved (see above resolution), but not implemented.

It has not been demonstrated that there is a need to implement conservation measures for the other species of tunas taken in the eastern Pacific fishery.

**STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS**

In Table 1 are shown the yearly catches (1961-1985) of the various species of tunas and tuna-like fishes, in four major areas, captured by vessels which had fished at least part of the year in question for yellowfin, skipjack, or bluefin in the CYRA. (This table includes only the catches by surface gear, except that longline catches of yellowfin in the CYRA are included.) The catch data for yellowfin, skipjack, and bluefin in the CYRA are essentially complete except for insignificant amounts taken by some sport-fishing vessels and artisanal fisheries, but the catch figures for these three species captured in the other three areas and the amounts of the other species in all four areas do not represent the total catches of these species. For example, the catch figures given in part B of Table 1 for the western Pacific and the Atlantic Ocean represent only part of the total catch of these species taken in those two areas because data for vessels which had not fished in the CYRA in the year in question are not included. Also, large amounts of bigeye are taken by longline in the eastern Pacific, both within and outside the CYRA, but data for these catches are not shown in the table.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1985 of 217,411 tons is the largest catch ever recorded in that area. It is 74,711 tons greater than the 1984 catch and 126,660 tons greater than that of 1983. The low 1983 catch was the result of lesser vulnerability of the fish to capture, due to oceanographic conditions, reduced fishing effort, and heavy fishing during 1977-1981, which had reduced the stock size. The reduced catches in 1983 (and also 1982) allowed an increase to occur in the stock size, which resulted in the increased catches of 1984 and 1985. The preliminary estimate of the 1985 skipjack catch from the CYRA is 54,604 tons, 9,964 tons below that recorded during 1984 and 40,044 tons below the average catch during the previous five years. The low skipjack catch of 1985 is believed to be at least partially due to the fact that, because of low demand for skipjack, most of the vessels fishing in the eastern Pacific concentrated their effort on yellowfin, but there are indications that the skipjack abundance north of 10°N was low during most of 1985. For example, vessels fishing without restrictions on the amount of skipjack they could land caught only small amounts of this species north of 10°N. The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1985 of 272,015 tons is 64,747 tons above the catch in 1984 and 42,286 tons above the average of the previous five years. The preliminary estimates of the yellowfin and skipjack catches from the area between the CYRA boundary and 150°W in 1985 are 23,245 tons and 411 tons, respectively, a combined total of 23,656 tons, which is 3,313 tons above the 1984 catch and 5,970 tons below the average annual catch for the previous five years. The catch of 328,835 tons of all species from all ocean fishing areas during 1985 (Table 1, part B) was 45,488 tons above that of 1984 and 8,851 tons above the average for the previous five years. Sixteen vessels which participated in the CYRA fishery in 1985 also fished in the same year in the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea and caught 8,218 tons of yellowfin and 4,000 tons of skipjack there. Six vessels which fished in the eastern Pacific in 1985 also fished in the same year in the western Pacific, where they caught 991 tons of

yellowfin and 5,368 tons of skipjack.

The catches during 1985 of yellowfin, skipjack, and several other tunas from the CYRA and from the area immediately west of the CYRA by the eastern Pacific fleet are shown in Table 2, by the flag of vessels which captured the fish. Using the total catch of all species from the CYRA in 1984 as a base of comparison, and excluding changes of less than 1,000 tons, the following increases in catch are noted: Cayman Islands (+1850%), Ecuador (+10%), Japan (+497%), Mexico (+28%), Panama (+995%), USA (+8%), Vanuatu (no catch in 1984, more than 1,000 tons in 1985), and Venezuela (+48%). The catches for U.S.-flag vessels include those of two seiners under charter to an Ecuadorian company during part of the year and six seiners under charter to a Venezuelan company during part or all of the year. Canada, which had one vessel fishing in the CYRA in 1984 and none during 1985, is the only nation whose catch was reduced by 1,000 or more tons.

The annual landings by country are also shown in Table 2. Landings are the amounts of fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish.

The geographical distribution of the 1985 logged yellowfin catches made by purse seiners in the eastern Pacific is shown in Figure 2. The catches were concentrated in the central portions of the CYRA and around 10°N west of the CYRA. The number of 1-degree areas which produced 500 or more logged tons of yellowfin in 1985 was about 123, compared with 58 during 1984, 29 in 1983, and 32 in 1982.

The geographical distribution of the 1985 logged skipjack catches by purse seiners in the eastern Pacific is shown in Figure 3. The catches were concentrated between about 8°N and 4°S latitude. The catches north of about 10°N were probably the lowest since the early years when the fishery was developing.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring of the condition of the stocks of tunas and other species taken in the eastern Pacific Ocean by the tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the migratory habits of tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort from the eastern Pacific must be viewed in the light of global statistics.

The Commission's staff routinely estimates the global catches of the tunas and related species. The methodology of obtaining the estimates is described in IATTC Internal Report 11. The estimated global catches of tunas and related species for 1984, the most recent year for which the data are available, are presented in Figures 4 and 5. An overview of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1984 by oceans appears in Figure 6.

## THE TUNA FLEETS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN

The Commission maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records are not maintained for individual longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches.

For estimation of standard fishing effort the vessels are grouped into the following size classes, based on their carrying capacities of tunas: class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the 10 size classes used for calculation of the catch per ton of carrying capacity (pages 21-22).) The landing records of each vessel are reviewed annually, and the carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. Vessels which sink or leave the fishery after having fished in the eastern Pacific during the year are included in the fleet for that year. Vessels which change flag are listed under the new flag if a fishing trip is started under the new flag during the year.

The number of vessels and the carrying capacity of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1985 and the change in capacity from the previous year are shown in Table 3.

Due to the construction of new, large purse seiners, the fleet capacity increased from 46,253 tons in 1967 to 184,864 tons in 1976. During 1977 through 1981 the fleet capacity remained fairly stable, with a net gain of 4,562 tons. During this period the construction of new vessels continued, but the capacity added was balanced by losses due to vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 16,307 tons due to vessels leaving the fishery for other areas, primarily the western Pacific, and vessels becoming inactive. In 1983 this trend continued, and the fleet capacity declined by 28,900 tons. In 1984 the fleet lost an additional 25,317 tons. The fleet capacity in 1984, 116,362 tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due principally to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to 129,499 tons.

The number and carrying capacity of the vessels which comprised the 1985 eastern Pacific tuna surface-gear fleet are shown in Table 4 by flag, gear, and size class. In terms of capacity the 1985 fleet was composed of 98.1 percent purse seiners, 1.9 percent baitboats, and less than 0.1 percent jigboats. In terms of numbers of vessels, purse seiners made up 86.9 percent, baitboats 12.6 percent, and jigboats 0.5 percent of the fleet.

During 1985 vessels of 13 nations or dependencies participated in the eastern Pacific surface-gear fishery (the 10 in Table 4 plus Colombia, Japan, and Peru, which had catches by vessels for which the Commission did not obtain individual vessel records). In 1984 Canada had one vessel in the fleet, but this was changed to Ecuadorian flag in 1985. Also during 1985 two Vanuatu-flag seiners fished in the CYRA. Of the countries which had vessels in the fishery in both 1984 and 1985, the fleets of Ecuador, Mexico, Panama, and Venezuela gained and the fleets

of Cayman Islands and the USA lost capacity in 1985. The total fleet had a net loss of 16 vessels, but gained 13,137 tons of carrying capacity in 1985. The fleet of Mexico had the largest increase during 1985, with the addition of 11 vessels and 10,243 tons of capacity. During 1985 the following changes were recorded for CYRA class-6 seiners: four inactive boats (4,318 tons capacity) re-entered the fleet, eight boats (9,728 tons capacity) joined the fleet for the first time, six boats (6,047 tons capacity) that had fished during 1984 were inactive, one boat left the eastern Pacific fleet to join the western Pacific fleet, seven boats (8,313 tons capacity) re-entered the CYRA fleet after fishing in the western Pacific or Atlantic, and five boats (3,437 tons capacity) sank.

## RESEARCH IN 1985

### ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING

#### *Annual trends in the catch per standard days fishing*

The catch per standard day's fishing (CPSDF) is used by the Commission's staff as an index of apparent abundance of yellowfin and skipjack, as well as an index of fishing success. The CPSDF is estimated from logbook records which are collected from most of the vessels fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean. The CPSDF is influenced by temporal and spatial changes in vulnerability of the fish to capture, as well as variability in the distribution of the fishing effort. Some of these changes can be estimated and adjusted for, and others are assumed to average out over the long term. Since the early 1960's the major share of the yellowfin and skipjack catch has been taken by purse seiners; therefore the CPSDF of these vessels is the principal index used to examine trends in relative apparent abundance.

Annual estimates of the CPSDF, in class-6 units, during 1960-1985 are shown in Figure 7 for yellowfin in the CYRA (upper panel) and for skipjack in the Pacific Ocean east of 150°W (lower panel). The values for 1985 are preliminary.

#### *Yellowfin CPSDF*

Previous to 1966, and from 1980 through 1985, there were no restrictions on the yellowfin catch in the CYRA, and all logbook records which met certain criteria for species composition and accuracy were used to calculate the CPSDF. From 1966 to 1980, when regulations were in effect, only data from unregulated trips were used for this purpose.

The annual CPSDF was highest in 1960 at the time when purse seining first became the dominant method of fishing. The CPSDF declined sharply in 1961 and the decline continued in 1962, by which time the index had fallen to less than half the 1960 value. It remained at about the same level in 1963. The CPSDF increased in 1964, but then declined in 1965 to nearly the same level as in 1962-1963. In 1966 the CPSDF increased moderately, and then rose sharply in 1967 and 1968 as the fishery expanded offshore. It did not, however, regain the level of 1960. The CPSDF declined slightly in 1969 and 1970, and then a sharp decline occurred in 1971 when the index fell to approximately the level of 1966.



In 1972 the CPSDF rebounded, gaining back most of the loss of the previous year. After 1972, however, the CPSDF began to decline sharply again, falling from 17.0 tons per day to 4.4 tons per day in 1980. The CPSDF increased slightly in 1981 and then declined back to the level of 1980 in 1982. In 1983 the CPSDF increased slightly and then increased sharply in 1984 and 1985. The preliminary estimate of the CPSDF for 1985, 11.2 tons per day, is the highest value since 1973.

### ***Skipjack CPSDF***

The CPSDF for skipjack has not demonstrated any long-term trends. The index was highest in 1967 (10.1 tons per day), and the low point was in 1960 (1.3 tons per day) when most of the fishing effort was directed toward yellowfin. Other high points were 1963 (6.1), 1971 (6.1), and 1978 (5.4). Low points occurred in 1972 (1.6) and 1973 (1.8). The CPSDF has been fairly stable since 1979, ranging between 3.0 and 4.1 tons per day. The preliminary estimate of the 1985 CPSDF is 3.3 tons per day.

### ***Catch per ton of carrying capacity***

The catch per ton of carrying capacity (CPTCC) serves as an index of trends in relative gross return for different sizes of vessels from year to year. The CPTCC for a group of vessels is the total catch in all fishing areas divided by the total tons of carrying capacity. The CPTCC is calculated each year for each species caught and for all species combined for all purse seiners which have 101 or more tons of carrying capacity and which have fished in the CYRA. For this purpose the vessels have been grouped into the following size classes: class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; class 6, 401-600 tons; class 7, 601-800 tons; class 8, 801-1000 tons; class 9, 1001-1200 tons; class 10, 1201 and above. (These are not to be confused with the six size classes used for estimation of standardized fishing effort (page 19).)

The CPTCC for 1976-1985 is shown in Table 5 by vessel size class and for all size classes combined for yellowfin, skipjack, other species, and all species combined. The values for 1985 are preliminary. "Other species" includes bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and small amounts of three or four other species. The other species catch makes up a fairly important part of the total catch of size classes 3, 4, and 5 in some years, but it does not contribute much to the catch of the larger vessels.

Between 1976 and 1980 the yellowfin CPTCC, for all size classes combined, declined from 1.56 to 0.96. In 1981 it increased to 1.22 and then declined in 1982 to about the 1980 level and remained near there in 1983. In 1984 it increased to 1.53 and in 1985 the preliminary value is 1.97, the highest since 1972. During the 1976-1985 period the skipjack CPTCC, for all size classes combined, has ranged from a high of 1.11 in 1978 to a low of 0.50 in 1985. Between 1976 and 1982 the CPTCC for all species and size classes combined declined from 2.58 to 1.65. In 1983 it increased to 1.89 and in 1984 it went to 2.40. The preliminary value for 1985, 2.53, is the highest since 1976. In 1985 the yellowfin CPTCC was highest for class 9 (2.13) and lowest for class 5 (1.13). The skipjack CPTCC was highest

for class 4 (2.88) and lowest for class 8 (0.16). For all species combined it was highest for class 4 (5.06) and lowest for class 8 (1.80).

### ***Standardization of yellowfin catch rates***

IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 4, describes an alternative to catch per day's fishing as an index of yellowfin abundance. With this alternative index, fishing effort was defined as the elapsed searching time between consecutive successful sets, and a generalized linear model was used to estimate the annual variation in catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing. The model included the vessel efficiency factors, capacity (0-499 tons, 500-999 tons, and 1000 tons and over), speed, net length, net depth, and whether aerial assistance was available; the environmental variables sea-surface temperature (SST), SST squared, and SST cubed; and the fishing modes, "dolphin" and "school and log." Recently, the method was improved by (1) removing the effects of latitude and of skipjack catch on the yellowfin catch rate and (2) excluding log fishing, which was found to bias the index.

After the log fishing data were removed each fishing trip in each 5° quadrangle-month was treated as an individual observation. The 5° quadrangle-months were classified as "dolphin strata" if  $\frac{2}{3}$  or more of the catch of yellowfin and skipjack came from dolphin-associated schools or "school" strata if  $\frac{2}{3}$  or more of the catch came from schools not associated with dolphins. The fishing modes of vessels in school strata were further classified into one of two categories, according to whether the vessel caught any skipjack in the 5° quadrangle-month. Thus the three fishing modes in this model are (1) "dolphin mode" when vessels fished in dolphin strata, (2) "pure yellowfin school mode" when vessels fished in school strata and caught no skipjack, and (3) "yellowfin and skipjack school mode" when vessels fished in a school strata and caught skipjack.

The three latitudinal divisions which improved the model most were (1) north of 20°N, (2) between the equator and 20°N, and (3) south of the equator. The significant ( $\alpha = 0.001$ ) interactions with latitude were fishing mode and SST, the latter being the more important. The catch rates were found to increase with increasing SST north of 20°N and to decrease with increasing SST south of the equator, within the ranges of SSTs observed in the respective areas. The relationship between catch rate and SST between the equator and 20°N was not significant.

When the effects of skipjack and latitude on yellowfin catch rates were added to the model the following previously significant factors became insignificant: SST squared, SST cubed, net length, and net depth. In addition, the magnitude of the effect of the interaction between years and fishing modes was small in comparison to the main effects; therefore, the interaction could be ignored and a single abundance index encompassing all fishing modes in the CYRA could be obtained. The factors having significant ( $\alpha = 0.001$ ) effects on the logarithm of yellowfin catch rates in the CYRA using data from 1970 to 1985 are shown in Table 6.

The catch-rate index of abundance (Figure 8) shows a declining period from

1970 to 1982, followed by a sharp increase from 1983 to 1985. The 1985 estimate is the highest since 1974; this is provisional, however, because the 1985 data are not yet complete. The estimated rate of decline of yellowfin abundance from 1970 to 1982 is more gradual for this model than for catch-rate indices which treat log sets the same as schoolfish sets. In this model, as mentioned above, the data for log fishing catch and effort have been deleted to remove the bias that arises from the fact that log fishing, which produces lower catch rates, has increased.

This method, unfortunately, was compromised by the computer resources available at the time. The hardware and software now available allow us to take full advantage of the method and the logbook data to obtain abundance estimates which are believed to be considerably better than those obtained with the methods used in Vol. 18, No. 4. For example, we can now display and explore the data in ways not previously possible. Larger data subsets can be used in exploratory analyses and more categories can be used in the linear model. Furthermore, software is available for weighting linear models, and a statistical program for building linear models has been expanded to take advantage of the larger computer memory. For these and other reasons the method for standardizing yellowfin catch rates was being modified during 1985, and this work will continue into 1986.

## TUNA BIOLOGY

### *Size composition of the 1985 catch*

Length-frequency data from samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, and black skipjack from purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean are collected by Commission personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, Peru, the USA (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, and sampling has continued to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used for the Commission's estimates of growth, mortality, yield per recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported in several bulletins and annual reports. During 1985 the staff collected and processed approximately 550 yellowfin, 170 skipjack, 24 bigeye, and 59 bluefin samples, each of about 50 fish. The number of yellowfin samples collected was about average for recent years, but the number of skipjack samples was less than half the average amount for the 1980-1984 period. This was due mainly to the fact that, due to decreased demand for skipjack in 1985, many of the vessels landed few or no skipjack. Additional samples from the 1985 catch will be collected in 1986 as vessels with fish caught in 1985 continue to unload.

For both yellowfin and skipjack, the samples are stratified by market measurement areas (Figure 9), quarters of the year, and gear. Two methods of estimating the size composition for each stratum, referred to as the weighted and unweighted methods, have been applied to data for 1982-1986. In previous annual reports only the unweighted estimates of size composition and average weight have been reported. The weighted method is now being included, since it should more accurately represent the size of fish being caught.

In the unweighted method, each sample in a stratum is given equal weight and the estimated average weight of sampled fish for that stratum is computed, using the total number of fish sampled in each length interval (2 cm for yellowfin and 1 cm for skipjack) and a length-weight relation for each species. Next, within the stratum, the total number of fish in each length interval is obtained by dividing the total stratum weight, as reported in the logbook data, by the estimated average weight of sampled fish and then multiplying this quotient by the fraction of the stratum sample in that length group. The data for all sampled strata are then added together to obtain totals for the quarterly report period.

The weighted method differs in that each sample is weighted according to the estimated number of fish in the unit sampled (usually a well or pair of wells). Estimates of the average weight of sampled fish and total number of fish in each length interval for each sampled unit are then obtained by a method similar to that used for the stratum average weight and totals in the unweighted method. The stratum values are then obtained by adding together the values for all units sampled within the stratum and expanding to the total logged catch within the stratum. The data for all strata are then added together as in the unweighted method.

The weighted and unweighted percentage length-frequency distributions of fish sampled from the 1985 catch are shown in Figure 10. The weighted estimates consistently shift the distributions to the left (toward the smaller sizes) and yield lower estimates of average weight. The weighted and unweighted distributions of yellowfin differ more in the CYRA, where there is a larger size range and a larger proportion of small fish present in the catch, than in the area between the CYRA boundary and 150°W. The weighted and unweighted distributions of skipjack differ less than do those of yellowfin due to the smaller size range of skipjack (about 40 cm for skipjack, as opposed to about 130 cm for yellowfin in the CYRA and 120 cm for yellowfin between the CYRA boundary and 150°W).

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the CYRA for 1980-1985 are shown in Figures 11 (weighted) and 12 (unweighted). The preliminary unweighted estimate of the average weight for 1985, 47.5 pounds (21.5 kg), is the highest recorded for any year since the beginning of the sampling program. The preliminary weighted estimate for 1985, 35.9 pounds (16.3 kg), is greater than any other weighted estimate and is exceeded only by the unweighted estimates for 1972 (37.8 pounds or 17.1 kg) and 1985. It is apparent from Figures 11 and 12 that the high average size for 1985 was due not to an unusually high proportion of large fish in the catch, but to the relatively small proportion of small fish in the catch. The total weight of fish less than 80 cm in length was less than in any other year of the 1980-1985 period, and that of fish between 90 and 150 cm in length was greater than in any of the previous years.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for 1980-1985 are shown in Figure 13 (weighted) and Figure 14

(unweighted). In 1985, as in all previous years, the average size of yellowfin in this area was greater than in the CYRA. Both estimates of average weight for 1985 are slightly below the equivalent estimates for 1984, but the size distributions are quite similar for the two years.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean for 1980-1985 are shown in Figure 15 (weighted) and Figure 16 (unweighted). The preliminary weighted and unweighted estimates of the average weight for 1985 are the highest since the beginning of the sampling program. It is apparent that in 1985 a smaller proportion of the catch was less than 45 cm and a larger proportion of it was greater than 65 cm than in 1980-1984.

Histograms showing the estimated tons of surface-caught bigeye by 2-cm intervals in the eastern Pacific for 1980-1985 are shown in Figure 17. The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack, and the total catch (Table 1) and number of samples are much less than those for yellowfin and skipjack. Accurate estimates of the weight of bigeye in the sampling units is often lacking; therefore, only unweighted estimates of annual size distributions are shown. The size distribution of the 1985 bigeye catch differs from those of 1980-1984 in that in 1985 there was a lack of both smaller fish (less than 90 cm) and larger fish (greater than 140 cm). In 1985 about 90 percent of the distribution lies between 90 and 140 cm, whereas for 1980-1984 this percentage ranged from approximately 66 to 79.

The size composition of the bluefin catch is discussed in the section entitled *Bluefin studies*.

#### ***Studies of migration and geographic variation using trace elements and isotopes***

There is a need for a thorough understanding of the stock structure, dispersal, and migrations of tunas. One of the main concerns is whether a given species consists of several biological subsets and, if so, whether the different subsets warrant separate consideration for the purpose of management. Meristic, morphometric, and genetic studies have been carried out to identify population units, and tagging data have been used in conjunction with life history data to make inferences regarding population heterogeneity. Such studies provide useful data on gross patterns of movement and indicate that considerable within-species heterogeneity exists, but do not provide detail sufficient to select optimum management schemes.

The investigations described here, which use variability in the chemistry of hard parts of the fish, such as spines and vertebrae, as a form of ecological record, avoid many of the problems encountered when using the traditional approaches. Data are obtained by analyzing chemical patterns at specific locations within individual hard parts from fish of known sizes caught at known locations on known dates.

The first study carried out involved a comparison of yellowfin captured at

different locations within the eastern Pacific. The results are summarized in the IATTC annual report for 1980. This pilot study demonstrated that juvenile yellowfin in the northern and southern portions of the CYRA can be distinguished on the basis of differences in the chemistry of their spines. The results of this study, carried out at the Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia, Canada, using existing equipment, were promising, so it was decided to develop equipment suitable for use for larger-scale studies.

Effort was subsequently directed toward developing an electronic system for characterizing the chemical composition of the hard parts and exploring further the various kinds of useful ecological data that might be obtained. The first requirement was to design and construct the equipment needed to characterize the chemical composition of cross-sections of tissue less than 1 mm in diameter and install it at a facility where long-term studies could be carried out. The second was to apply the technology to a straightforward study of mixing. Construction and development of equipment was carried out at Princeton University, Princeton, New Jersey, USA, and the California Institute of Technology, Pasadena, California, USA. Much of the cost was defrayed by U.S. National Science Foundation grants.

The first full-scale use of chemical variation as a form of natural tag for tunas was carried out on Atlantic bluefin. The objectives were to determine if juvenile and adult bluefin from different sides of the Atlantic could be distinguished from chemical patterns on their hard parts and, if so, to utilize these patterns to measure the incidence of trans-Atlantic movement. This study was carried out under contract with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). The results of the study are described in detail in the IATTC annual report for 1984. These provide information on the incidence of trans-Atlantic movement of different age groups, and in so doing provide a demonstration of the kinds of data that can be obtained from the chemical analyses of hard parts.

Studies carried out during the first part of 1985 were concerned primarily with questions of repeatability and accuracy. Chemical differences found between the eastern and western Atlantic juvenile and adult bluefin were used to estimate the incidence of trans-Atlantic movement, but there remained the question of accuracy. Even though the results of this study are supported by the sparse tagging data, the techniques used are new and the results are unfamiliar. Consequently, considerable effort was devoted to the task of developing an independent method of estimating mixing using the same samples.

One method of verifying the results involved measuring the ratios of oxygen isotopes in the vertebrae. The ratio of the concentration of oxygen (mass 18) to oxygen (mass 16) differs in accordance with such factors as the temperature and salinity of the water when the oxygen was incorporated into the calcium compounds of the bones. Vertebrae of bluefin originating in the Gulf of Mexico, where the water is warmer, are expected to have relatively more of the heavy oxygen isotope than those originating in the Mediterranean Sea. The methods involve irradiating the same location on the same vertebrae employed in the X-ray studies, *i.e.* that

portion formed during the first winter. Several new techniques were examined. The simplest involved making temporary modifications to existing equipment. Small sets of juvenile bluefin from each side of the Atlantic were irradiated and, as expected, the fish taken from the western Atlantic were found to have higher concentrations of the heavy isotope than those from the eastern Atlantic. These results were presented in previous annual reports of the IATTC. While these data are verification in part, an independent test for individuals identified as immigrants is required, and this is a much more difficult task. It is one thing to show that differences exist between the eastern and western samples and that these differences are in the direction predicted, and quite another to state with less than 5-percent uncertainty that an individual fish originated in one of two spawning areas.

The techniques were modified to improve the resolution and repeatability, but still did not provide consistent measures of isotope concentrations with less than 1-percent error. While both isotopes were measured simultaneously, different detectors and electronic devices were used to count the particles, and the noise from the two systems proved additive. A second, more direct, method of measuring the concentration of both isotopes was devised, a new target chamber constructed, and electronic equipment assembled. The preliminary tests were encouraging, as the isotopes from many chemical elements were readily identified and measured. Since both isotopes of oxygen are determined by the same equipment, many problems inherent in the first method were eliminated. The methods are still under development, and since the methods used destroy the hard part samples the task of irradiating each specimen has been postponed until development is complete. Although the methods have not been fully refined, the tests carried out so far suggest many applications.

Two reports describing the work have been prepared. The first is a detailed year-end report to the NMFS. This report describes the results of studies carried out on a second set of adult bluefin collected in the eastern and western Atlantic. The results of a re-analysis of all samples collected during the two sampling programs are also included. The second report, soon to be published by the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, assembles all of the results obtained during the course of the study and all conclusions drawn from those results.

The results of the pilot study carried out on yellowfin and the studies carried out on Atlantic bluefin demonstrate the manner in which useful ecological data can be obtained from the hard parts of individual fish. Two new studies in the eastern Pacific were considered, the first dealing with immigration and emigration of skipjack into and out of the CYRA and the second with growth of yellowfin. Only the first project is being pursued at this time.

Statistics given elsewhere in this and previous annual reports demonstrate that skipjack comprise a substantial portion of the total catch of tunas in the eastern Pacific. Management of skipjack is difficult because skipjack are believed to be only temporary residents of the eastern Pacific, the young migrating from the

central to the eastern Pacific, where they remain up to several months, and subsequently returning to the central Pacific to spawn. Thus environmental factors and fishing outside of the eastern Pacific area affect both short- and long-term fishing success in the area. The latter has not been a concern in the past, but fishing for skipjack is increasing in the western and central Pacific, so there is a need to locate more precisely the major spawning areas for eastern Pacific skipjack and to understand better the migration of adults.

This year the IATTC and the Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer of France (ORSTOM) initiated a joint research program, the objective of which is to better understand the relationship between skipjack caught in the central and eastern Pacific. As with the bluefin study, the chemistry of the vertebrae will be used to assess the amount of mixing between these regions. Sampling has been started in French Polynesia, Hawaii, and the eastern Pacific.

### ***The Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean***

Mr. Naozumi Miyabe of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), Shimizu, Japan, returned in late September after having spent a year with IATTC staff members in La Jolla analyzing data for the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 150°W. The first draft of a report on these studies, which covers the 1971-1980 period, has been completed. Previous studies (IATTC Bulletin, 9 (6), 10 (4), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2); FSFRL Bulletin, 2: 115-162) covered the 1956-1970 period.

The previous reports dealt only with the fishery to the east of 130°W, but in the present report the coverage is extended to 150°W. It seems appropriate to extend the coverage to 150°W, as this coincides with the approximate western limit of the eastern Pacific surface fishery which has expanded westward since 1970. In addition, the enlarged area facilitates the study of bigeye, which is the most important species taken by the longline fishery in the eastern Pacific.

Several changes occurred in the longline fishery in the eastern Pacific during the 1971-1980 period. During 1963-1975 the fishing effort remained virtually level, at 70 to 100 million hooks, but during 1976-1978 it increased to about 140 million hooks and remained at that level during 1979-1980. The total catch also increased during the 1971-1980 period, but not as much as the effort. The percentage of bigeye in the catches increased, while those of the other species remained about the same or declined. This was at least partly due to greater concentration of effort in the equatorial region and use of "deep longlines," which take more bigeye and less of some of the other species.

As was the case for the previous reports in this series, the spatial and temporal distributions of fishing effort, catch, apparent abundance, sexual maturity, and size were examined for each species. In addition, the deep longlining method was briefly described and the hook rates for this gear and conventional longline gear were compared. Also, an analysis of the interaction between the longline and surface fisheries for yellowfin was carried out.



***Yellowfin feeding studies***

Yellowfin interact with many other species in the ocean. Perhaps the most direct form of interaction is predation. Drastic, and perhaps even slight, changes in the abundance of prey may effect the growth, fecundity, and/or mortality of yellowfin.

Examination of the stomach contents of fish from the commercial catch indicates that yellowfin may be characterized as opportunistic generalists. In order to obtain data useful for energetics studies, which in turn can contribute to stock assessment analyses, it is necessary to determine how quickly each prey item is digested, as items which are rapidly digested tend to be under-represented in the stomachs.

A series of experiments was performed in tanks at Kewalo Basin, Hawaii, in which yellowfin which had been observed to ingest known quantities of prey were killed after measured intervals and the proportions of those meals remaining in the stomachs were determined. The accepted practice with such data is to fit an exponential function because: (1) it never predicts negative quantities of food in the stomachs; (2) it is physiologically reasonable; and (3) it is mathematically convenient. The exponential was the first function fitted to these data. It was noted, however, that the residuals showed a bias, which increased with time elapsed since feeding.

Over the shorter intervals a linear model appeared to perform better. If it is assumed for the moment the appropriate model is linear over the shorter intervals and zero after the line intersects the x axis then this matches point (1) above. The individuals with faster digestion would reach zero earlier. Samples with empty stomachs give no information other than the fact that digestion did not take longer than the period since feeding. The data are biased for longer intervals because highly negative deviations are affected by the constraint that zero is the minimum. A series of computer simulations was performed to investigate this phenomenon. It was found that the bias was independent of the gradient of the function and of the amount of data simulated. The variance of the estimated gradient of the function appeared sensitive to the latter, but not the former. To circumvent this problem the data were deleted for the period after time  $t_B$ , when it was believed that the probability of complete evacuation became significant (Figure 18).

An exponential model for the food remaining in the stomach would be appropriate if the food is digested at a rate proportional to the total amount of food in the stomach at that moment. Another function, the surface-area or square root model, with a different physiological justification, arises from reasoning that digestion is proportional to surface area and the assumption that the shape of any food particle does not change significantly as it diminishes. The linear model needs some physiological rationalization, as the fact that it gives a better fit could be due to a statistical aberration. The surface-area model assumes that the digestive fluid is unlimited. If it is assumed instead that it, or some necessary

component of it, is degraded at a rate proportional to digestion, and that there is a constant secretion of fresh fluid during digestion, then it is possible to obtain a quasi-linear function for the portion of food which remains.

The third justification for the exponential function lies in the fact that it has the same shape whether the remaining food is expressed as an absolute quantity or a fraction of the original meal, and that in either case the slope is independent of the meal size. Other functions are less convenient. For yellowfin the proportion is independent of meal size, but the absolute rate of digestion is proportional to meal size.

Other functions which have been used to describe the quantity of stomach contents after an interval are not amenable to the same analysis as the exponential or linear models. Another method which could be used for these functions has been developed by another worker. A comparison of the two methods, and the special case of the exponential function, the resolution of the feeding rates they provide, and the resolution of data they require has been made. This will appear in 1986 in an outside journal with another paper which describes the details of the estimation of the daily ration of yellowfin.

#### ***Age and growth of yellowfin as determined by otolith studies***

A study of the growth of yellowfin based on otolith increments was essentially completed during 1985. The data base consisted of measurements and counts from 196 yellowfin sampled from purse seiners fishing north of the equator and east of 137°W during 1977-1979. The length range of the fish in the sample was 30 to 170 cm, and it included males, females, and fish of indeterminate sex. Equations were developed to describe the growth. To assist in the application of cohort analysis to the yellowfin catch, equations to predict age from convenient measurements were also developed.

The number of increments on one of the otoliths of each fish was used as a direct estimate of its age in days. This one-to-one relationship between increments and days has already been validated for yellowfin 40 to 110 cm in length (IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 7), and circumstantial evidence has indicated that the same relationship applies to fish of 0 to 40 cm and 110 to 170 cm. The evidence was derived from (1) literature on validated increments for other species during early growth, (2) knowledge that structures identified as daily increments on yellowfin otoliths have been subsequently validated on otoliths of small bluefin and (3) comparison of the growth curve based on increments to others obtained from length-frequency modal analysis. Based on this factual and circumstantial evidence, the ages estimated in this study are believed to be the most accurate that have yet been derived for eastern Pacific yellowfin.

In addition to the growth relationships obtained from the composite data, stratification of the sample revealed several sources of variability in the growth. For combined sexes the fish sampled in 1977 grew significantly differently from those sampled in 1978. The same type of year-to-year variation had also been detected in earlier studies based on length-frequency modal analysis. For combined

sexes and for a given length between 30 and 110 cm it was also shown that yellowfin caught inshore (within about 275 miles of the coast) were significantly heavier than those caught offshore. Beyond 110 cm the situation was reversed. This result suggests that there may be size-related differences in food availability between the two regions and that this difference, in turn, may lead to an offshore migration as the fish increase in length. The idea is supported by the fact that a greater proportion of large fish are captured offshore than inshore, but contradicted by tagging studies (IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 6) that show no directed migration between the two regions. The final source of variability was the confirmation that sexual dimorphism exists in eastern Pacific yellowfin. At about 1 year of age the females are 4 cm longer than the males, the growth curves for the sexes intersect at 95 cm, and at 3.5 years the females are 6 cm shorter than the males. This pattern of sexual dimorphism was also present in the growth curves for fish weight and the length of the otolith counting path.

In the eastern Pacific fishery the disappearance of females generally begins in the length interval of 130 to 140 cm. This could occur because as the females grow larger their growth becomes sharply curtailed, they become transformed into males, they become invulnerable to capture by surface gear, they leave the area, or their natural mortality rate increases greatly. The present study has eliminated the possibility of reduced growth, because at 140 cm the female growth rate of 2.0 cm/mo is only slightly less than that of males (2.4 cm/mo), and there is no accumulation of older females of similar length beyond 3.5 years. Hermaphroditism has not been reported to occur in yellowfin, and it is therefore unlikely that females are transformed into males. If the disappearance of females is due to a rapid decrease in vulnerability to surface gear or emigration from the area it would seem that their presence would have been detected by capture by longline gear in the eastern Pacific or by surface or longline gear in the central or western Pacific. Thus it seems reasonable to assume that the decline in the number of females is due to an increase in their natural mortality rate.

### ***Early life-history studies***

Because of the importance of understanding the total life history of tunas, and the underlying significance of reliable estimates of age of fish of various sizes to the age-structured models used by the IATTC for evaluating the status of the eastern Pacific tuna stocks, this Commission established a laboratory dedicated principally to this purpose. The coastline of much of the Pacific coast of Central America was considered before a location on the southern tip of the Azuero Peninsula in the Los Santos Province of Panama was selected. This location abuts the tropical eastern Pacific Ocean at a point where black skipjack spawning is seasonally intense and where the 100-fathom depth contour is as close as 6 kilometers from shore, thereby providing ready access to oceanic waters where juvenile yellowfin tuna are known to occur. Achotines Bay, on which the site is located, provides a sheltered anchorage for small vessels and access to clear ocean water with year-round temperatures between approximately 24° and 28°C.

Ten hectares of land were purchased in 1983 and development was gradually

undertaken, with all buildings, ponds, and support facilities designed to blend fully with the natural terrain and local style. Five small buildings were erected, a laboratory, an apartment block, housing for the generators, a kitchen-dining area, and a storage-dormitory unit, the last constructed in 1985. These facilities are constructed around the laboratory, which houses the fish holding tanks, and a complex of five outdoor ponds designed to enable the culture of adequate quantities of both fresh- and salt-water organisms suitable as food for juvenile tunas. The fish-holding tanks and salt-water ponds are serviced by sea-water intake and recirculation systems.

The IATTC research program at Achotines is centered on the study of early life history of tunas by evaluation of fluctuations in abundance and size of tuna juveniles in the Pacific coastal waters of Panama and investigation of the factors affecting the growth of juvenile tunas. The research is divided into two types, firstly that related to ascertaining the seasonality in occurrence and behavior of tuna juveniles and relating these to oceanographic variability, and secondly that related to determining the growth rate of tuna juveniles and the factors which affect this growth. The latter will be carried out by studying individuals held for lengthy periods in aquaria. Work carried out to date has been concentrated on the development of methods for the capture of juveniles (relevant to both phases mentioned above) and their transportation, transfer to, and maintenance in aquaria.

Although the research facility at Achotines is still under development, considerable progress has been made in developing techniques for the capture, handling, and feeding of juvenile scombrids. It has been established that juvenile scombrids collected at night, after having been attracted to bright lights, can be transferred alive to the holding tanks and maintained there for lengthy periods. The large supplies of wild-caught zooplankton and small sardines and anchovies available from local waters, together with the cultured *Artemia* and numerous species of cultured fresh- and brackish-water fish are a proven source of food, which is so often a limiting factor in aquaculture.

With the completion in early 1986 of the new sea-water system under construction through the latter part of 1985, experimentation on holding juvenile tunas and other scombrids will recommence. Now that much of the necessary construction of buildings and development of infrastructure has been completed, the standard of support facilities available in 1986 will be much higher than during previous experiments.

### ***Bluefin studies***

#### ***The 1985 fishery***

Northern bluefin are caught in the eastern Pacific Ocean near the coast of Baja California and California from about 23° to 34°N, with the bulk of the catch occurring between late May and mid-October. The first catches of 1985 were recorded at Cortes Bank (between 32° and 33°N) in February. A few tons were caught in April and May. Fishing was good in June, dropped off in July, improved in August, dropped off again in September, and then improved again in October. The 1985 fishery was unusual in that it lasted through November and into early December.

The preliminary estimate of the bluefin catch for 1985 is approximately 4,392 tons. This is the highest catch since 1979, but it is less than those of every year of the 1961-1979 period except 1970 (Table 1).

Histograms showing the estimated tons of bluefin caught by 2-cm intervals in the eastern Pacific for 1980-1985 are shown in Figure 19. The average weight for 1985, 23.6 pounds (10.7 kg), was close to the average for recent previous years. The 1985 size distribution is similar to those of 1980 and 1983 in that there were few fish smaller than 60 cm or larger than 100 cm in the catch.

### ***Age and growth***

Research in 1985 was concentrated on the processing and examination of vertebrae and otoliths and analysis of the data.

The Commission, the Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan, and the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Hiroshima, Japan have tagged bluefin in Japan for the last five years. Vertebrae for some of the fish which were recaptured in the eastern Pacific were collected and processed and the data analyzed to determine whether the estimates of the number of annuli formed agreed with estimates from the oxytetracycline (OTC) experiment and the eastern Pacific samples previously processed. Bluefin tagged in the winter of 1980 (January-April) were forming an annulus at that time. As these fish were recaptured about 18 months later, one would expect the first annulus, plus one formed in the winter of the second year, for a total of two. The data are shown in Table 7. As the tag return data agree with this premise, bluefin appear to form one annulus in the vertebrae per year, and the structures identified in the samples from the landings are indeed annuli.

Past work has addressed verification (repeatability) of counts by other readers. Previous analysis of a data set from readings by two different readers demonstrated differences (Figure 20) in readings for fish 4 years old or greater (Spearman's rank correlation test ( $r_s$ , 0.05(2), 25 = 0.927,  $P < 0.001$ ). A repeat, overall count (all ages) by the Commission scientist who did the original analysis was significantly different from the original overall count ( $r_s$ , 0.05(2), 25 = 0.918,  $P < 0.001$ ). However, as before, the first three age groups were not significantly different in either count ( $r_s$ , 0.05, 11 = 0.400,  $0.50 > P > 0.20$ ). This finding is important to the study because, out of 268 fish, 194 (72 per cent) were less than 4 years old, and the majority of the fish in the eastern Pacific catch also appear to be less than 4 years old.

Although the vertebrae of older fish are more difficult to read, this may be related to the cleaning and staining technique. When the vertebrae are separated with a scalpel there is obviously some sort of error introduced from cutting between the vertebrae. Additionally, when the vertebra is stained and dried the edges are more difficult to read due to shrinkage of the comparatively thinner edge. This is not as serious a problem in young (age 0-3) fish, as the annuli are quite far apart. Advancing age, and the resulting smaller inter-annulus distances, leads to greater error, as seen in the data.

Back calculation has been used since the turn of the century to estimate the sizes of fish at various ages from annuli on the hard parts (scales, bones, etc.). A major concern has always been the use of the correct model. Many studies, most of which utilized subjective empirical approaches to the problem, have been conducted in the past. Lately, the application of analysis of covariance has provided a quantitative method for determining the propriety of using linear regression for back calculation, a popular method. Since the relationships between the length of the fish and sizes of various body parts, including the vertebrae, deviate from linearity, the data are being subjected to analysis of covariance to determine whether the models being used are justified.

Although the linear regression of length (tip of snout to fork of tail in millimeters) on vertebral radius (millimeters) is highly significant ( $F_{0.05, 1, 208} = 21,821$ ,  $P \sim 0.00$ ,  $r^2 = 0.988$ ), a plot of the data and application of analysis of covariance showed that within each age group the slopes of the regression lines were significantly different ( $F_{0.05, 6, 254} = 4.54$ ,  $P < 0.0002$ ). Transformation of the values on each axis to natural logarithms was performed, but the slopes ( $F_{0.05, 6, 254} = 3.13$ ,  $P < 0.0056$ ) were still significantly different.

It was noted in the IATTC annual report for 1984 that since the mean time of annulus formation appeared to be February, and spawning begins in April, the estimates of age at annulus formation were 10 months, 1 year + 10 months, etc. To account for this, the  $t_0$  parameter in the von Bertalanffy equation was adjusted by adding 2/12, or 0.167, of its fitted value. The modified equation is:

$$FL(\text{cm}) = 703.6(1 - e^{-0.0343(t + 1.167)}).$$

Estimates of the sizes at various ages from the equation are:

Age (years)	1	2	3	4	5	6
Length (cm)	49.1	71.1	92.4	113.1	133.0	152.2

The estimated  $L_\infty$  greatly exceeds the greatest observed size due to the samples on which the fit is based being from the early, rapid growth portion of the size range of the fish. A comparison of these estimates with those from other studies appears in Figure 21.

A 19.7-cm bluefin sampled in August 1981 was aged by daily increments on an otolith, and the mean count ( $125.5 \pm 4.2$  days) was used to estimate a birth date in mid-April. Four bluefin of the approximate estimated size for 2-year-old fish sampled from the eastern Pacific were similarly aged. The data are as follows:

	Length (cm)	Age estimate (days) $\pm$ standard error	Estimated birth date
	67.2	730.8 $\pm$ 10.8	Aug. 1, 1980
	65.7	748.3 $\pm$ 37.6	Jul. 18, 1980
	66.3	704.3 $\pm$ 31.9	Sep. 21, 1980
	67.2	760.5 $\pm$ 9.7	Jul. 26, 1980
<b>Mean</b>	66.6	736.0	Aug. 9, 1980

These data indicate that in some cases the first annulus forms at 5–10 months of age. The succeeding annuli would be 1 year apart, of course, assuming that the annulus is formed at the same time each year. Although one birth date fell a month later than the latest larval occurrence, the mean estimates of birth dates may still be reasonable, since no sampling for larvae has taken place after mid-August.

The IATTC annual report for 1982 stated that significantly more OTC-injected fish than non-injected fish from the 1981 tagging study in Japan were returned, but individual tagger was not taken into account. Reanalysis of the data by chi-square analysis for heterogeneity, using only the data for the principal tagger, showed the same result. The data are as follows:

Injected	Released	Returned	Percent
Injected	880	142	16.1
Control	344	36	10.5
$\chi^2 = 4.49, 0.05 > P > 0.025$			

Otoliths from the catch continue to be processed. An updated relationship between otolith- and vertebral-estimated age (Figure 22) still demonstrates an increase in variability with increased age. In addition, the number of otolith increments still seems to provide a lower estimate of the age than that estimated from the vertebrae, particularly for larger fish. Additional research into increment size determined that bluefin increments near the distal edge of a replica are about 1 micron wide. Other researchers who work on whole otoliths, rather than replicas, do not count increments smaller than about 0.8 microns, as they are too difficult to discern repeatedly at that size, even at high magnification. In the absence of alternatives, a count was made from a replica of the otolith from a 151.6-cm fish at 1800 and 2160X. The count made at the higher power was about 530 increments above that made at the lower power (the two points noted by stars on Figure 22). However, analysis at this magnification is extremely difficult and slow. The replica does not have as high optical quality, and increments are difficult to discern. Consequently, analysis at this level on a regular basis is not advised for large fish.

A manuscript assessing the suitability of these techniques as regular tools in ageing the bluefin catch is now in preparation.

### ***Black skipjack studies***

An understanding of the reproductive biology of any species is important for purposes of stock assessment. Studies of the timing, duration, and frequency of spawning, onset of first maturity, and potential egg production are essential for understanding of the population dynamics, particularly recruitment processes. In addition, detailed knowledge of the reproductive biology of a species which is distributed over an extensive latitudinal range can provide information on the intraspecific variation in its life history traits and adaptations to different environmental conditions.

For a recently-completed study of the reproductive biology of black skipjack, reproductive characteristics are described and compared for four areas. Area 1 is off Mexico, encompassing the Revillagigedo Islands and Clipperton Island ( $7^{\circ}$ - $20^{\circ}$ N,  $105^{\circ}$ - $120^{\circ}$ W), Area 2 is off southern Mexico and Central America ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ N,  $80^{\circ}$ - $100^{\circ}$ W), Area 3 is the Gulf of Panama, and Area 4 is off Colombia and Ecuador ( $5^{\circ}$ S- $5^{\circ}$ N,  $78^{\circ}$ - $90^{\circ}$ W).

The proportion of female black skipjack classified as sexually mature (*i.e.* fish with later developing, mature, spawned, or recovering spent ovaries) in each 20-mm length (tip of snout to fork of tail) interval for Areas 1, 2, and 3 was determined. The smallest female found with mature ovaries in Area 1 was 431 mm, in Area 2, 406 mm, and in Area 3, 400 mm.

The relationship between the length and proportion of mature female fish estimated from ovarian development was approximated by the Richards function, and this relationship shown in Figure 23. The length at which 50 percent of the females were mature, as interpolated from the equations, was 494.8 mm for Area 1, 470.3 mm for Area 2, and 457.4 mm for Area 3.

In order to evaluate whether there are geographical differences in the length at maturity a minimum-variance unbiased estimator independent of the Richards function was used. The estimates and variances (in parentheses) of the lengths at 50-percent maturity using this method were 492 (4.5), 469 (2.8), and 458 (2.3) mm for Areas 1, 2, and 3, respectively. The lower and upper 95-percent confidence limits of these estimators were 488.6-495.9, 466.4-472.2, and 455.4-460.6 mm for Areas 1, 2, and 3, respectively. Non-overlap of these limits is evidence of significantly different ( $P > 0.05$ ) lengths at 50-percent maturity for black skipjack from these three areas.

Interarea variations in size at maturity are probably due to differences in growth rates which are particularly susceptible to such environmental factors as temperature and food. Black skipjack tagged during 1981 had an average growth rate of 0.24 mm per day for fish released in Area 1 and 0.37 mm per day for fish released in and just south of Area 2 (IATTC annual report, 1982: 33-34). The average annual sea-surface temperatures are approximately  $2$ - $3^{\circ}$ C higher in Areas 2 and 3 than in Area 1. Higher temperatures probably lead to more rapid growth rates and a smaller size at first maturity.

An important aspect of the research on reproductive biology of black skipjack is the elucidation of the relationships between the annual reproductive cycle, condition factors, and environmental factors, by geographical areas. Data on these parameters for Area 1 are summarized in Figure 24.

The peak reproductive activity of black skipjack occurs in September, 3 to 4 months after sudden wind changes in Area 1, and is apparently coincidental with such changes in Areas 2 (October-January) and 3 (January-March). These changes coincide with the oceanographic climatic changes (*i.e.* upwelling events) initiating or increasing primary production. It appears that the spawning strategy of black skipjack has evolved to produce eggs and larvae within geographical



regions at seasons of peak planktonic food, which is most conducive to their survival.

In general, black skipjack spawning time and duration varies with geographical location. In the lower latitudes the peak spawning time occurs earlier in the year and the duration of reproductive activity is longer.

The commercial landings of black skipjack captured in Area 4 throughout the year are composed almost entirely of small, immature fish. The scarcity of larger, mature fish in this area leads to the conclusion that there may be a spawning migration to the north of this area, and drift of larvae into this area with the predominantly south- to southwesterly-flowing surface currents leaving the Gulf of Panama. These are strongest from December to April, and are the western boundary and arm of the cyclonic eddy formed off Colombia.

Estimates of spawning frequency are essential for estimation of annual fecundity in multiple-spawning fishes. Such estimates for black skipjack were based on the hydrated oocyte method. Hydration, the final stage of oocyte maturation, occurs in the oocytes of the most advanced spawning batch just prior to ovulation and spawning. This stage probably lasts no more than 12 hours, and is thus indicative of imminent spawning. An estimate of the frequency of spawning can be derived from the proportion of sampled females with ovaries containing hydrated oocytes, provided all females which have spawned or will spawn on the days of sampling are recognized.

In Area 1, over a 3-month spawning season during 1981, an average of 46.8 percent of the females sampled contained hydrated oocytes, indicating that the average interval between spawning a new batch of eggs was about 2.1 days. In Area 2, over a 9-month spawning season during 1981, an average of 17.6 percent of the females sampled contained hydrated oocytes, indicating that the average interval between spawning a new batch of eggs was about 5.7 days. In Area 3, over a 7-month spawning season during late 1980 to early 1981 and late 1981 to early 1982, an average of 27.8 percent of the females sampled had hydrated oocytes, indicating that the average interval between spawning a new batch of eggs was about 3.6 days. The average mature female black skipjack probably spawned about 43, 47, and 58 times a year in Areas 1, 2, and 3, respectively, during the periods in question, based upon the estimated daily spawning frequencies and durations of the spawning seasons in these areas.

Estimates of the number of eggs produced per spawning, *i.e.* the batch fecundity, were made for fish in ovarian developmental Stage IV (ripe) captured during the spawning seasons in Areas 1, 2, and 3 during 1981. Mean batch fecundity estimates of 350,336, 221,828, and 242,642 were obtained for Areas 1, 2, and 3, respectively.

The average annual fecundity, based on the estimated number of spawnings (calculated from the spawning frequencies and the respective lengths of the spawning seasons) and the average batch fecundity for Areas 1, 2, and 3 in 1981 were estimated to be approximately  $15 \times 10^6$ ,  $10 \times 10^6$ , and  $14 \times 10^6$ ,

respectively. Few previous estimates of the annual fecundity for scombrid species have been projected, since the estimates of the number of spawnings per year are rarely available.

## OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

### *Anti-El Niño conditions in the eastern tropical Pacific*

During an El Niño event the sea-surface temperatures (SSTs) usually rise 1° to 6°C above normal over a large part of the eastern tropical Pacific (ETP). The largest SST anomalies occur in coastal and equatorial regions, where upwelling of colder subsurface water is greatly diminished. This condition results primarily from a marked weakening of the surface winds and ocean circulation in the tropics, a rise in the level of the sea, and localized solar heating wherever ocean wind-mixing has been curtailed in the ETP. The last El Niño developed in the ETP late in 1982 and became the most intense warm-water episode of this century. Some of the effects of this and other El Niño events on the tuna fishery have been discussed in the IATTC annual reports for 1983 and 1984. In contrast to El Niño episodes, an anti-El Niño event is characterized in coastal and equatorial areas by colder than normal SSTs, especially where upwelling of nutrient-rich water becomes established.

During 1984, following the 1982-1983 El Niño, equatorial and coastal upwelling of colder subsurface water returned to the ETP. At coastal stations of Ecuador and Peru the SSTs fell to below normal by mid-1984 as the tropical winds strengthened and the high sea level slowly subsided. This was an indication that the cooler, nutrient-rich water was again reaching the ocean surface. In addition, tuna fishing in the ETP improved in 1984, after a very poor fishing season in 1983. By the end of 1984 the surface winds had strengthened and wind mixing of the ocean increased over a large part of the southern tropics. Also, negative SST anomalies became prevalent in equatorial and coastal regions. However, during 1984 there was no consistent evidence that strong anti-El Niño conditions were developing or would prevail.

In the first half of 1985 the SSTs were consistently 1° to 2°C below normal over most of the equatorial region and along the coasts of Ecuador and Peru. The SST anomalies for the ETP in June 1985, which were typical of the first half of that year, are shown in Figure 25. The persistent negative SST anomalies along the equator and the associated strong equatorial frontal boundary were indicative of the re-establishment of strong equatorial upwelling which was absent during the 1982-1983 El Niño. In addition, the persistent negative SST anomalies along the coast of Peru during the first half of 1985 indicated that coastal upwelling in the Peru Current was stronger than during the second half of 1984. In the southern hemisphere west of Peru and out to the Samoan Islands between 5° and 20°S there were no large areas with SSTs more than 1°C above normal. In contrast, during the 1982-1983 El Niño, and for 6 years before that, this region of the tropics experienced frequent and extensive positive SST anomalies greater than 1°C. By the Austral winter of 1985 the SSTs were more in the normal range

over the ETP than they had been for the previous 10 years. In addition, the ocean temperature front, which lies just north of the equator, had become a strong and prominent feature again on SST charts. The only area with SSTs more than 1°C above normal during the first half of 1985 was to the southwest of Baja California (Figure 25).

There were several other oceanographic and atmospheric features which also indicated that anti-El Niño conditions had set in during the first half of 1985. For example, the sea level dropped to below normal along the west coasts of Mexico and Central and South America. The Southern Oscillation Index (SOI), which is a sea-level pressure difference between Darwin, Australia, and Tahiti or Easter Island, strengthened slowly. This indicated an increase in the east-west circulation which showed up as stronger easterly winds. Also, the surface ocean currents, measured by drifting buoys east of 140°W in the equatorial Pacific, appeared to be normal again in direction and speed. Thus the above-mentioned climatic indices and ocean temperatures clearly indicated that anti-El Niño conditions had developed over the ETP during the first half of 1985, and they further indicated that upwelling, primary production, and forage aggregation may have been returning to normal.

During the second half of 1985 the SSTs over the ETP are best characterized as near normal. The only notable exception occurred along the equator from Ecuador to 130°W, where the SSTs have been more than 1°C below normal. The SST anomalies for the ETP in November 1985, which were typical of the second half of that year, are shown in Figure 26. In the central part of the equatorial Pacific the SSTs have been slightly above normal, as a result of weaker-than-normal trade winds and subsequently reduced wind mixing and upwelling along the equator. The surface winds and ocean mixing were weaker than normal also south of 10°S and east of 120°W during the last quarter of 1985. This resulted in a slight expansion of positive SST anomalies eastward along the coast of Peru. In contrast, the trade winds east of 140°W near the equator have remained strong and have aided in maintaining the negative SST anomalies shown in Figure 26.

In spite of the general sluggish character of the surface atmosphere and ocean circulations over the ETP during the last half of 1985, there have been no areas in the ETP where the SSTs have shown a consistent increase which might indicate a return of El Niño conditions. Although no strong anti-El Niño condition exists at this time either, it appears likely that the SST anomaly pattern will not deviate much from that in Figure 26 during the first and second quarters of 1986.

#### ***Possible effects of El Niño on tuna fisheries***

During the past 30 years there have been 7 El Niño episodes in the eastern tropical Pacific (ETP). Three of them (1957-1958, 1972-1973, and 1982-1983) have been major warm-water events with durations of more than 1 year. These three had greater effects on the anchoveta and tuna fisheries and on bird life than the other four (1963, 1965, 1969, and 1976), which were weaker and shorter in duration. For the past 20 years the Commission staff has monitored sea-surface

temperatures (SSTs) (and also other environmental features) from coastal stations and ships at sea in the ETP as part of its stock assessment program. Because of its continuous monitoring of the SSTs, the Commission staff has been able to observe the beginning stages of most of the El Niño episodes during this period. The El Niño of 1982-1983 was initially detected from SST anomalies (departures of SSTs from long-term means). It developed rapidly in late 1982 and culminated early in 1983 into the most intense and extensive warm-water episode of this century. Most of the other El Niño episodes began during the first or second quarters of the year. Each warm-water event had similar characteristics, however, such as rising sea level, deepening thermocline, rapid increases in the SSTs, and shifts in the strengths and locations of ocean currents.

The Commission staff has been investigating the possible effects of El Niño episodes over the past 25 years on tuna abundance and availability and the vulnerability of tunas to capture by purse seiners in the CYRA (Figure 1). For each year from 1960 through 1984 data on skipjack and yellowfin catches, fishing effort, and the environment have been summarized from logbook records. These data have been analyzed for three important fishing areas, the inshore coastal area of Ecuador and northern Peru, the Costa Rica Dome area centered near 10°N-90°W, and the area within a triangle between Cape San Lucas, Cape Corrientes (Mexico), and the Revillagigedo Islands centered at 19°N-110°W. Each of the three areas is an important fishing area during part of every fishing season, and there is considerable variation within and among years in catch and effort and in ocean and weather environment, especially during El Niño episodes. Comparative studies among catch rates, effort, and environmental parameters are being conducted for the three areas to determine if changes in ocean surface conditions have an apparent impact on success of fishing for tunas. The comparisons are based on weekly summaries of wind direction, wind speed, SSTs, fishing effort, and catch-per-unit effort (CPUE). The weekly CPUEs are computed as the ratios of the mean weekly catches in tons to the mean weekly numbers of fishing days (effort) and then the averages of these are calculated for each month. Annual time sections of each of the above-mentioned parameters covering the years before, during, and after each El Niño have been prepared to study inter- and intra-annual variations between the environmental and CPUE values.

Fishing conditions are affected by the SSTs and the state of the sea, which is directly related to the surface wind strength. When the SSTs are unusually high, as during El Niño events, or when the sea is rough for prolonged periods, fishing activity is usually curtailed. In addition, tunas are probably less vulnerable to capture by purse seining when the SSTs are abnormally high or low because the fish may move away from, or move deeper within, the traditional fishing areas. Also, if the sea is rough it is more difficult to see the tuna schools or to capture the fish.

Some preliminary results of this study suggest that there is an apparent effect on availability or vulnerability of tunas to the fishery and on fishing conditions in the ocean during and after El Niños in one or all of the three areas mentioned

above. The Commission's annual report for 1984 discussed in some detail the possible effects of El Niños on fishing off Ecuador. One of the important environmental effects off Ecuador during an El Niño is the shift in wind direction. As an El Niño intensifies the surface winds frequently become more westerly and stronger, pushing surface water toward the coast. The onshore winds, combined with abnormally high sea levels, deepen the mixed layer and depress the thermocline, so the nutrient-rich water below the thermocline does not reach the surface. In addition, the South Equatorial Counter Current often appears at the surface in the ETP between the equator and 7°S. This current transports warm, tropical water eastward toward the coast. The result, during a prolonged El Niño such as that of 1982-1983, is a marked piling up of water on the coast, weak upwelling, and a reduction in food production.

The remainder of this section will be devoted to discussion of the effects of El Niños on the tuna fisheries of the Costa Rica Dome and the Cape San Lucas-Cape Corrientes-Revillagigedo Islands triangle mentioned previously.

The Costa Rica Dome (CRD), an area of upwelling of unusually rich subsurface water approximately 400 kilometers west of Costa Rica and Nicaragua, results primarily from the looping motion of the North Equatorial Counter Current (NECC). This current moves eastward near 5°N to about 85°W and then, before reaching the west coast of Central America, turns northward to approximately 15°N and then moves westward remaining offshore south of Mexico. Inside the loop of the NECC, near 10°N-90°W, cool subsurface water is pushed upward (upwelled) toward the surface. Often during the first and fourth quarters of each year strong easterly winds blow offshore from Nicaragua and create a spreading (divergence) of surface water over the CRD. The divergence intensifies the upwelling of nutrient-rich water to promote primary food production. In most years tuna fishing is good on the periphery of the CRD. Here micronekton is plentiful, especially during the second quarter of each year, when the SSTs are highest and food production is at its peak. From December to February and July to September, however, when the winds are strongest and the SSTs are low, the fishing effort is usually at a minimum. Also, the Intertropical Convergence zone (ITCZ) is located between 10°N and 15°N from June to September, and tropical storm activity is greatest, frequently causing poor fishing weather north of 7°N.

In Figure 27, Panels A, B, and C, are shown data on the annual variations of the CPUEs of skipjack and yellowfin and on fishing effort for 1962 through 1984 for an area with a radius of 300 miles centered at 10°N-90°W. In addition, the annual variations in CPUE and effort for 1983, the most intense El Niño year, and the following year, 1984, are presented for comparison. In Panels D, E, and F are shown data on the annual variations in wind and SST for 1962-1984 and for 1983 and 1984. During 1982-1983 the SSTs were above normal until August 1983, when the El Niño began to weaken. The wind speeds were below normal over the CRD from late 1982 through March 1983, and the wind directions were variable between east and west during the first five months of 1983. Normally the winds are from the east everywhere from December to May. As the ITCZ

shifts northward between  $10^{\circ}$  and  $15^{\circ}$ N after May the winds are normally from the east in the area north of the ITCZ and from the southwest in the area south of the ITCZ. The two pairs of solid lines in Panel D for the long-term mean and the 1984 data show the prevailing east and west wind directions north and south of the ITCZ. In Panel E, the wind speed has been squared to provide a term which approximates the wind stress. Wind stress is a force that mixes the surface layer and also pushes the water in the direction the wind is blowing. Westerly wind directions and weaker-than-normal wind speeds (stress), combined with high sea level in the ETP, probably resulted in weaker-than-normal upwelling in the CRD from the fourth quarter of 1982 to the second quarter of 1983. It therefore seems probable that nutrient enrichment and primary food production was reduced in the CRD from late 1982 to mid-1983. During 1983 the fishing effort was markedly below the 1962-1984 mean after March (Panel C). This was due in part to a high frequency of tropical storms from June to October and to the departure of a larger portion of the fishing fleet to the western Pacific, where fishing was generally good. However, the CPUE of yellowfin was well below the 1962-1984 mean during most of 1983. In contrast, the CPUE of skipjack was near or above normal during about half of the year. The fishing effort and catches dropped to near zero after August, when the tropical storm frequency reached a maximum and the winds became stronger (Panel E). In early 1984 some warmer-than-normal water remained around the CRD. Stronger-than-normal easterly winds prevailed, however. This condition probably enhanced upwelling over the CRD and resulted in a lowering of the SSTs to below normal after April 1984. After April 1984 the wind directions were more similar to the long-term mean than were those in 1983 (Panel D). In 1984 the CPUE of yellowfin was greater than in 1983, reaching a peak in April during a period when the wind speeds dropped and the SSTs were returning to normal. The CPUE for skipjack also reached a peak during April, but decreased sharply after May. By the end of 1984 the SSTs were slightly above normal and easterly winds had strengthened sharply as they had at the end of 1983. It appeared that during 1982-1983 skipjack were more available or vulnerable to the purse seiners around the CRD than were yellowfin. By 1984, however, El Niño conditions were diminished and yellowfin were more available or vulnerable to the purse seiners than were skipjack, except in March and April 1984.

In the third important fishing area in this study, extending 300 miles in all directions from  $19^{\circ}$ N- $110^{\circ}$ W, pelagic red crabs are a principal source of food for both skipjack and yellowfin. Because red crabs are plankton feeders when they are in surface waters, they are most abundant along the western edge of the coastal upwelling which usually extends offshore the length of Baja California from April to September. In most years the California Current moves southeast along the coast of Baja California, inducing upwelling and transporting red crabs and plankton southward toward Cape Corrientes and the Revillagigedo Islands. In El Niño years, however, the California Current becomes weaker and becomes a more offshore current. Near the coast of Baja California in those years the Davidson Counter Current becomes predominant, and it transports warm water and red crabs and other tropical species northward. During the 1982-1983 El Niño

red crabs were found in large numbers along the west coast of the United States as far north as San Francisco Bay. Figure 28 is similar to Figure 27, except the annual variations in CPUE, effort, and environment refer to this northern fishing area instead of the Costa Rica Dome. The 1962-1984 means of the CPUEs for yellowfin and skipjack and of the effort show that fishing is most active in the first and second quarters, and reaches a peak after upwelling becomes well established along Baja California. During 1983 both the skipjack and yellowfin CPUEs were below the long-term mean, except that the yellowfin CPUE reached the mean at the middle and end of the year (Panels A and B). Bad fishing conditions due to strong winds (Panel E) and rough seas probably limited fishing effort often during the first half of 1983, but by this time many boats had already moved to the western Pacific. The SSTs were normal from February to May 1983, but reached a maximum of 5°-6°F (2.6°-3.7°C) above normal in June and July (Panel F). At this time the wind speeds dropped and the CPUEs of yellowfin and skipjack were at a maximum. The catch rates decreased thereafter as the wind stress became greater than normal (Panel E) and frequent tropical storms and associated rough seas hampered fishing activity during the third quarter. During the first half of 1984 the prevailing winds were from the northwest, just as they had been in 1983, but the wind speeds were weaker than in 1983. The CPUE for yellowfin was well above normal all year except in August, when fishing was greatly curtailed due to frequent tropical storms. During 1984 the effort was below normal and the CPUEs on skipjack were unusually low, probably due to decreased market demand for this species. The environmental conditions in this fishing area were not markedly different in 1983 from those in 1984. However, there were fewer tropical storms and the surface winds were not as strong in 1984 as in 1983. It is possible that food was limited in 1983 south of Cape San Lucas because along the west coast of Baja California upwelling and primary food production may have been greatly curtailed during the 1982-1983 El Niño. High SSTs and the presence of a broad and strong Davidson Counter Current, which carried the red crabs northward in 1983, suggest that food distribution along Baja California and south of Cape San Lucas may have been altered during the El Niño of 1982-1983.

## TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

The Commission's responsibilities were broadened in 1976 to address the problems arising from the incidental mortality in tuna purse-seine nets of dolphins which associate with tunas in the eastern Pacific Ocean. The Commission agreed that it "should strive to maintain a high level of tuna production and also to maintain [dolphin] stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of [dolphins]" (IATTC, 1976 meeting, minutes: 9). The tuna-dolphin research program was created to study primarily: (1) population assessment, including the estimation of dolphin abundance, incidental mortality rates, and other life history parameters; (2) methods of reducing dolphin mortality, including the development of new or improved fishing technology and the study of dolphin behavior; and (3) interactions between dolphins and tunas.



**Data collection**

The Commission places scientific technicians aboard purse seiners of cooperating nations which fish in the eastern Pacific Ocean. The work is carried out aboard these vessels in such a way as to obtain representative samples of the total fishing trips and to minimize the variances of the estimates of dolphin abundance and mortality. In 1985 the methods of selecting the trips on which sampling was to take place differed for U.S. and non-U.S. vessels. For the U.S. vessels, as in previous years, the calendar year was arbitrarily divided into three intervals. The U.S. vessels carried a technician or observer during alternate intervals, the technician or observer being provided alternately by the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) and the IATTC. For the non-U.S. vessels, the IATTC has tried to place technicians on alternate trips of each vessel. This has not always been possible, however, due to factors such as lack of accommodation on a particular vessel or a vessel beginning its fishing trip outside the eastern Pacific and then moving to the eastern Pacific during mid-trip. In 1984 there was a steady increase in the coverage of the non-U.S. fleet which continued into 1985. Tuna seiners carrying the flags of the Cayman Islands, Costa Rica, Ecuador, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela carried IATTC technicians in 1985. Unfortunately, however, no technicians could be placed aboard Mexican vessels, although Mexican vessels will be carrying scientific technicians beginning in 1986.

The coverage of trips of the international fleet by the IATTC and NMFS programs was close to 20 percent in 1985. Excluding trips by Mexican-flag vessels, the sample coverage was almost 35 percent. Table 8 summarizes the coverage of the international fleet. The 70 trips sampled by the two programs in 1985 represents an 89-percent increase over the number of trips sampled in 1984. This increase is in part a result of more intense fishing effort in the eastern Pacific, but it also reflects the greater cooperation of industry and governments of Latin American countries. Coupled with the continued cooperation of the United States, the current sampling level provides adequate coverage for a large section of the fleet. The coverage for 1986 should again increase significantly with the participation of Mexico.

**Estimates of incidental dolphin mortality**

The numbers of sets made on dolphin-associated tunas during 1979-1983, as determined from data collected by U.S. NMFS observers and IATTC scientific technicians, are shown in Figure 29. A new methodology was introduced in 1985 to estimate incidental mortality of dolphins in the tuna fishery. This methodology was discussed in 1985 at an *ad hoc* meeting held at La Jolla and at a meeting of the Small Cetaceans subcommittee of the International Whaling Commission. Valuable suggestions were made for further improvements, especially by Drs. D.G. Chapman, N.C.H. Lo, and T.D. Smith and Mr. B.E. Wahlen. After testing the impacts of all the suggested changes, alterations were made to the methodology. The final revised procedure to be used in the future will be briefly reviewed.



First, a spatial stratification is defined for each species or stock, based on the concept of area of vulnerability (discussed in the Annual Report for 1984) and the spatial heterogeneity of kill rates. Figure 30 (upper panel) shows the seven strata originally used for offshore spotted and whitebelly spinner dolphins. Some of the reviewers thought that a lesser number of strata would improve the statistical properties of the estimates, so several alternatives with five or six strata were tested. The stratification shown in Figure 30 (lower panel) was selected for offshore spotted and whitebelly spinner dolphins because of the reduction observed in the variance of the estimates. The strata selected for eastern spinners and common dolphins are shown in Figure 31. Mortalities outside the designated areas are estimated using an adjustment procedure. The mortalities of the other species or stocks are estimated without stratification.

Second, within each stratum observer data are used to estimate the kill per set and kill per ton. A formula by Pascual is used to reduce the bias, together with a bootstrap resampling procedure which also helps to reduce the bias while providing an empirical variance estimate. The Pascual formula was introduced after some simulation results proved it behaved better with the data than alternative formulas. Then the total numbers of sets (or tons) are estimated for calculation of the estimates of the total kills.

In the past, an algorithm described in IATTC Bulletin, Vol, 18, No. 3, has been used to estimate the total number of dolphin sets. The approach was based on the utilization of information from nearest sets in time and space to determine, in a probabilistic way, the type of set for those sets for which the logbook data did not specify whether they were dolphin or non-dolphin sets. With the definition of different areas of vulnerability for the different species or stocks involved, it became difficult to continue using that approach. From a logistic point of view, it would be necessary to estimate the number of dolphin sets in too many areas, some of which are small (*e.g.* common dolphins in Figure 31). At the same time, the proportion of unidentified sets in the logbooks has been declining steadily, and currently it amounts to less than 2 percent of the total number of sets. Accordingly, an alternative method is used to estimate the number of sets on the species or stock involved in each stratum. The following categories of dolphin or possible dolphin sets are defined:

- (i) sets identified in the logbooks by species of dolphin (specific dolphin sets);
- (ii) sets identified only as dolphin sets without reference to any species (generic dolphin sets);
- (iii) sets with no information as to whether they were made on dolphins;
- (iv) sets not recorded in the data base (unlogged sets).

The following methods are used to handle these:

*Category i.* The data obtained from logbooks are recorded by fishermen who have not been trained by the NMFS or the IATTC and do not have access to printed materials to aid them in identifications. Often they record only "porpoises" or only "spotters" or "spinners," and such identifications are of limited usefulness.

Accordingly, all dolphin sets are combined, disregarding the species or stock identification, and included in category ii.

*Category ii.* These sets are identified as dolphin sets in the logbooks ( $S_D$ ).

*Category iii.* The unidentified sets in the logbooks ( $S_U$ ) are prorated using the proportions of identified sets on dolphins ( $S_D$ ) relative to identified sets of all types ( $S_A$ ) in the data base for the same area, *i.e.*

$$S_X = S_U \frac{S_D}{S_A}$$

where  $S_X$  = number of unidentified sets prorated as dolphin sets.

*Category iv.* The number of logged sets and the percentage of trips covered in the logbook data base ( $C$ ) are used to estimate the number of unlogged dolphin sets. The total number of logged sets is estimated by multiplying by  $(100/C)$ . Thus

$$S_T = S_D \left( 1 + \frac{S_U}{S_A} \right) \frac{100}{C}$$

where  $S_T$  = estimated total number of dolphin sets for the stratum. For the unidentified spinner dolphins, the area of vulnerability of the eastern spinner dolphins is used, and the kill of unidentified spinner dolphins inside and outside the area is prorated according to the proportions of eastern and whitebelly spinners in the observed kill.

In the past the IATTC estimates of mortality have used the flag of the vessel as a stratification criterion. The number of samples available in area-time-flag strata was not enough to retain the flag stratification at the same time that the other was developed, so a choice had to be made. This problem is compounded by the lack of data for Mexican vessels. There were two alternatives: (1) extrapolate the values of the sampled non-U.S. fleet (about 90 percent of its total effort is south of the Equator) to Mexican vessels that fish in the northern section (about 90 percent of their total effort is north of the Equator) or (2) extrapolate to the Mexican fleet values from other vessels fishing in the same area, regardless of flag.

To choose between the two approaches, the performance of U.S.- and non-U.S.-flag vessels were compared for the 1979-1984 period, pooling over years, but using area strata. A group of U.S.-flag vessels operating under a bare-boat charter to non-U.S. companies from South American ports was not included. Three variables, kill per set, kill per ton, and the proportion of the dolphins captured which were killed, were used. Of these, the second adjusts for catch size and the third adjusts for school size. There is a highly significant difference between U.S. and non-U.S. vessels in Area II (Figure 30) that is consistent for all variables and tests (better performance by the U.S. fleet). Area V shows a significant difference at the 5-percent level for kill per set (better performance by the non-U.S. fleet). All other comparisons, including those for the adjusted variables, show no significant differences. The scientific technician data from non-U.S. vessels show

that the gear and procedures used are quite similar to those employed by the U.S. fleet. The sample sizes are not as high as desirable in some areas but, up to this point, pooling over flags seems more reasonable than pooling over geographical areas and ignoring the differences mentioned earlier. At the same time, an areal stratification provides a better framework for handling changes in the distribution of fishing effort, avoiding the confusion of changes in area of operations with real changes in performance, in school sizes encountered, etc. In the future, the inclusion of data for the Mexican fleet may provide sample sizes that are large enough to reconsider the possibility of more complicated stratification schemes.

The estimates, as of June 20, 1986, of incidental dolphin mortality for the international fleet in 1985 are shown in the table below:

Species or stock	Mortality estimate (based on kill/set)	Standard error	Mortality estimate (based on kill/ton)	Standard error
Offshore spotted dolphins	31419	3154	30478	2743
Eastern spinner dolphins	8484	1352	8201	1445
Whitebelly spinner dolphins	8578	1672	9430	1996
Common dolphins	6215	2186	6602	2449
Unidentified spinners				
Prorated as eastern spinner dolphins	40	21	37	20
Prorated as whitebelly spinner dolphins	227	112	210	105
Other dolphins	1747	565	1643	535
<b>Total</b>	<b>56710</b>	<b>4436</b>	<b>56601</b>	<b>4460</b>

Following a trend which started in 1984, the effort on dolphin schools increased in 1985 to a historical peak of approximately 10,000 sets. This represents an increase of around 60 percent over the 1984 effort figures. The causes of this increase in effort are mainly economic; the price of the larger yellowfin which usually associate with dolphins is considerably higher than those of smaller yellowfin or skipjack, which are more commonly fished on logs or independently of either dolphins or logs ("school fish"). Because of this, and because of the excellent catches in the past two years, the fishery on dolphins now comprises the majority of the effort. These factors are probably the main reason for the increase in mortality when compared with previous years. The mortality per set and per ton declined for practically all species or stocks, the principal exception being the incidental mortality rate for spotted dolphins in Area II (Figure 30), which increased considerably. The possible causes of this change are currently being investigated.

### ***Abundance***

Sightings data collected by IATTC scientific technicians and NMFS observers aboard tuna purse seiners annually yield large samples of observations from which

line transect estimates of density can be calculated. However, all the assumptions of the line transect method are violated to varying degrees, and hence the large sample sizes guarantee neither accurate nor unbiased estimates. Accuracy is relatively easy to estimate, using robust statistical procedures, such as the jackknife method. Bias may be considered to have two components, one represented by an underlying trend without year-to-year fluctuation, and the other by deviations from the underlying trend, which might be particularly large, for example, in an El Niño year. Both components cause problems. The second can lead to large non-random year-to-year fluctuations in density estimates, and the first may exhibit a trend with time, indistinguishable from a trend in the abundance of dolphins. Such a trend would occur, for example, if school size were overestimated in early years, but with the estimates improving with time as the problems of counting dolphins are better understood by the scientific technicians. If any such trend can be eliminated either through the field procedures or by statistical techniques, and if short-term fluctuations can be dampened by the development of more robust line transect analysis methods, then it should be possible to monitor the trends in dolphin abundance satisfactorily from the tuna vessel data, even if the ability to estimate the absolute numbers of dolphins remains in doubt.

The major factors which must be taken into account in the analyses are discussed below.

#### ***Random search or random school distribution***

For line transect analysis, it is necessary to assume that either the dolphin schools are randomly distributed in the eastern tropical Pacific or the tuna vessels search randomly within the area. Both assumptions are known to be seriously violated. Stratification is a possible solution to the problem. Large geographic strata, to separate, for example, the northern and southern stocks of offshore spotted dolphins, are probably desirable, and may reduce the difficulties to some extent. Further stratification should be considered when the sample sizes are sufficient. The geographic strata are likely to remain constant, or very nearly so, over time. The sub-strata within them need not, and there are good theoretical reasons for choosing these sub-strata in a data-dependent way. Two approaches will be considered.

Tuna vessel searching effort, measured in nautical miles, can be estimated for each 1-degree quadrangle. Quadrangles with similar searching effort may now be placed within the same sub-stratum. In practice, this can be achieved by ordering all 1-degree quadrangles within the relevant geographic region from lowest (zero) to highest effort, and then dividing the ordered list into sub-strata, subject to the constraint that the number of schools detected within each sub-stratum is sufficiently large to allow reliable line transect estimation. Quadrangles within a sub-stratum need not, and in general will not, be contiguous.

Because the searching effort is so uneven, this approach encounters a serious problem. Even when there are sufficient data for 10 to 15 sub-strata, most of the region falls within the lowest effort sub-stratum, and many of the quadrangles

within this sub-stratum have no effort. Although searching is close to random in the other sub-strata, it is far from random in this one, and yet the sub-stratum accounts for a high proportion (probably more than half) of dolphins within the region. Therefore the following procedure is probably more promising.

Stratifying by effort attempts to create sub-strata within which searching effort is random. The alternative is to create sub-strata within which dolphin school density is roughly equal, so that the schools may be assumed to be randomly distributed. Whereas the distribution of effort is known with reasonable certainty, the dolphin school densities are not. However, encounter rates (number of schools detected per nautical mile of searching) provide means by which appropriate sub-strata can be defined. Since many 1-degree quadrangles have no searching effort in any given year, and most others have too little to give a reliable estimate of encounter rate, smoothed encounter rate estimates are required. Further experimentation with smoothing routines will be carried out, but preliminary results indicate that this approach is promising, yielding sub-strata whose boundaries resemble height contours on a map. Estimates are consistently lower than when there is no stratification; this would be expected if the tuna vessels concentrate their effort in areas of relatively high density of dolphin schools.

### *The detection probability curve*

For reliable line transect analyses, the detection function,  $g(y)$ , where  $y$  is the shortest distance from a detected school to the line of travel (or trackline) of the vessel, should have the following properties: (1) the probability of detection of a school on the trackline,  $g(0)$ , should equal 1; (2) the probability  $g(y)$  should remain close to the value  $g(0)$  for small values of  $y$ , so that the detection curve has a "shoulder;" and (3) the function  $g(y)$  should be smooth and non-increasing, so that if  $y_1 > y_2$ ,  $g(y_1) \leq g(y_2)$ .

To satisfy conditions (2) and (3), it is necessary to separate the scientific technicians' sightings from those of the crew. The data suggest that the scientific technicians frequently search with the naked eye only, since many fewer schools are detected in the two bands between 0.1 nm and 0.2 nm from the vessel, relative to those within 0.1 nm of the vessel. By contrast, the probability that the fishermen detect a school is almost as high 2 or 3 nautical miles from the vessel as on the trackline. Crow's nest and helicopter sightings can be combined with the normal sightings through 20- or 25-power binoculars, however, without violating conditions (2) and (3).

Condition (1) is clearly violated if the scientific technician sightings are not used. The data indicate that the detection curve for fishermen's sightings retains its wide shoulder, but that probability of detection on the trackline,  $g(0)$ , drops substantially below one when a set is unlikely to be made (either because the species of dolphin is not of interest or because the vessel is not fishing on dolphins). If the average value for  $g(0)$  were consistent from year to year there would be a consistent downward bias in the estimates of the numbers of dolphins, but there would be little impact on estimated trends in numbers. However, there is evidence

of variation in  $g(0)$ ; for example, it appeared to be low in the El Niño year of 1983.

Since the scientific technician seldom detects schools far from the boat, he may be regarded as guarding the trackline; schools that are not seen or not reported by the fishermen are likely to be detected by the scientific technician, provided they are on or very close to the trackline. Therefore the scientific technicians' data can be modelled separately from the other data, and the resulting estimate can be added to the estimate from fishermen's data to adjust for schools close to the trackline not detected or not reported by the fishermen. When  $g(0)$  for the fishermen is close to 1, these adjustments are small and are of little importance. If  $g(0)$  falls much below 1, the adjustments can be large and, because the scientific technicians' detection probabilities drop rapidly, violating condition (2) above, they have large standard errors, and possibly large biases also. Better equipment for the scientific technicians may give some improvement, but the level of cooperation between the crew and scientific technicians and the variable abilities of the scientific technicians are probably the critical factors.

#### ***Measurement errors in sighting distances and angles***

If the distances and angles recorded by scientific technicians were taken at face value, conditions (2) and (3) listed in the previous section, which the detection curve should satisfy, would both be violated. The angles are frequently measured to the nearest  $10^\circ$  or  $15^\circ$ , and the error in distance estimates is often of the order of 20 percent or greater. This level of rounding error must be reduced before meaningful line transect analyses can be carried out. Errors in estimating angles can probably be significantly reduced by issuing simple angle measuring devices to the scientific technicians. Giving them binoculars with reticles should reduce errors in estimates of shorter distances, but estimation of the longer distances would remain a problem. A statistical technique known as smearing can also be used to attempt to spread the observations out from the heaps in which they accumulate, for example at a sighting distance of 1 nautical mile and a sighting angle of  $45^\circ$ . The smearing technique currently in use works reasonably well, and it is anticipated that it will be improved in the near future.

#### ***Independent observations***

The requirement that the observations be independent is tied in with the requirement concerning randomness. Tuna vessels tend to stay in areas in which they find plenty of fish which, if the fish are associated with dolphins, will tend to increase the encounter rate relative to the "true" encounter rate for a vessel following a random course. This will lead to overestimation of the numbers of dolphins, especially if no stratification is carried out. Stratifying by encounter rate will reduce the problem, but not eliminate it; seasonal movements of dolphins within a year, for example, will still lead to some upward bias if the fleet tends to follow them.

#### ***Estimating average school size***

Since line transect analyses are carried out on sightings of schools, it is necessary to multiply the final estimate by an estimate of the average school size.

Two potentially serious sources of bias are introduced at this stage. The first involves estimating the size of a school once it has been sighted. It is hoped that the estimates of schools which are set upon, encircled by the net, and observed for several hours at close range will be good. Estimates made by the scientific technician and by the crew before the set is made can then be compared with this good estimate. A ratio estimator can be formed to adjust scientific technician and crew estimates for bias. If the school is not set upon, the scientific technician's adjusted estimate is used. If he was unable to make an estimate, the crew's adjusted estimate is used. The adjustments for the scientific technician estimates tend to be small, whereas those for the crew are reduced on the average by between 20 and 30 percent by this procedure.

The second component of bias arises because schools sighted by the vessel are not a random sample of the schools present. For example, larger schools may be detected more easily, leading to an overestimate of average school size. If this is so, the average size of the schools detected close to the trackline might be expected to be smaller than the overall average size of detected schools. However, a consistent pattern does not emerge when several years' data are examined, and as yet it is not clear whether adjustments for this source of bias can be made.

Current line transect methodology gives a weight of one to each school, so that a school of 20 dolphins has the same effect on fitting a line transect model as a school of 2000. If a school is given a weight equal to the number of dolphins in the school, it may be possible to bypass estimation of average school size, with its inherent bias. First attempts at applying this approach suggest it is feasible, but several problems arise. Some are easily dealt with, but others may prove more difficult.

### ***United Nations Environmental Programme***

In 1985 a proposal was developed to intensify the activities of the IATTC's dolphin program in Latin America. The United Nations Environmental Programme (UNEP) granted partial funding for the project, as part of its Global Plan of Action for the Conservation, Management, and Utilization of Marine Mammals. The 1985 program consisted of trips to Ecuador and Venezuela by the gear staff to promote the use of dolphin-saving procedures by meeting informally with interested persons and presenting seminars for scientists and industry representatives. A similar trip had been made to Panama earlier in the year.

During the gear staff's trips to Ecuador and Venezuela meetings were held with government fisheries personnel and managing owners of all purse seiners that operate out of those two countries and fish for tunas associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean. The staff discussed the Commission's international scientific technician and gear research program, the importance of Ecuador's and Venezuela's participation in that program, dolphin mortality reduction gear and procedures, and other Commission projects. Related literature and videotapes were distributed at the meetings.

In addition, two seminars were conducted by the gear staff in Venezuela and

four more in Ecuador. In Venezuela, one seminar was given for scientists at the Fundación La Salle de Ciencias Naturales on Isla de Margarita and the other for faculty and graduate students at the Department of Oceanography of the Universidad de Oriente in Cumaná. In Ecuador, seminars were given at the Comisión Permanente del Pacífico Sur in Quito, at the University of Guayaquil and the Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) in Guayaquil, and at the Escuela de Pesca in Manta. The topics of presentation were: (1) history of tuna seining on dolphins in the eastern Pacific, (2) history of dolphin-saving gear and procedures, (3) the Commission's international scientific technician program, and (4) Commission projects aimed at reducing dolphin mortality in the tuna purse-seine fishery.

Part of the UNEP funding is being used to promote the increased use of effective dolphin-saving gear and procedures by purse seiners operating out of Latin America. Forty floodlights for use during dark backdowns were purchased and are being loaned to Latin American-flag seiners for long-term use. The encouraging results from the use of these floodlights has been reported in the last three IATTC annual reports, and will be further discussed in the section entitled *Gear studies*. The Commission also purchased five inflatable rubber rafts with the UNEP grant. Rafts are effective platforms from which to direct and observe alignment of the dolphin safety panels of the nets for efficient dolphin release. This requires a practice set in local waters with a person trained in this procedure located in the backdown area of the net, which the Commission has been encouraging vessel owners and captains to do.

Also, an important U.S. Department of Commerce publication, NOAA Technical Report NMFS 13: *Guidelines for Reducing Porpoise Mortality in Tuna Purse Seining*, was translated into Spanish by the Commission as part of the UNEP Program. This paper, along with other works concerning dolphin mortality reduction that had previously been translated into Spanish and Spanish-version copies of the movie *Tuna Seining and Porpoise Safety* in video cassette form were distributed in Ecuador, Mexico, and Venezuela.

#### ***Mexico's future participation in the tuna-dolphin program***

During the latter part of 1985 the government of Mexico decided to initiate a scientific technician program to assess the impact of its fleet on the dolphin populations of the eastern Pacific. This program is being developed in cooperation with the IATTC.

The first step was to organize a training course for Mexican biologists who are to be sent as scientific technicians aboard Mexican purse seiners. The course, sponsored by UNEP and taught by IATTC's staff, took place in Ensenada during December 2-17, 1985, at the Escuela de Ciencias Marinas of the Universidad Autónoma de Baja California Norte. Some of the lectures were specifically for technician trainees and others (marine mammal and tuna biology) were open to all students. A total of 62 students attended part or all of the lectures. Those who met all of the requirements for the position of scientific technician and passed certain evaluations will make up the pool of Mexican technicians for the coming



year. Meetings were held with the Mexican tuna industry representatives, and their support of the program was secured. By the end of the year several technicians had already been assigned to vessels for trips departing in January 1986.

Mexican purse seiners will also be receiving floodlights for long-term use as part of the program, and vessel owners and captains will also be encouraged to have the dolphin safety panels in their nets aligned for efficient backdowns.

### ***Gear studies***

As previously reported, the gear staff traveled to Ecuador, Panama, and Venezuela during the year, conducting a number of dolphin mortality reduction seminars and holding meetings with many vessel owners and captains to discuss dolphin release gear and procedures, Commission projects aimed at reducing dolphin mortality, and specific gear and procedural problems encountered by vessels. The activities conducted in Ecuador and Venezuela are described in the section entitled *United Nations Environmental Programme*. In Panama the gear staff had meetings with five vessel captains to discuss the Commission's tuna-dolphin program and specific dolphin mortality problems. In addition, the staff made frequent visits to vessels docked in San Diego to discuss dolphin-saving procedures. Informal discussions were held with four vessel captains who experienced high dolphin mortality during their Commission-sampled trips. During these meetings, causes of the mortality, measures already taken to alleviate the mortality, and further possible measures to avoid future high mortality were discussed.

The 131 size class-4, -5, and -6 purse seiners of the international fleet that fished in the eastern Pacific Ocean in 1985 employed the following types of safety panels:

Type of safety panel	Number of vessels
Suprapron and fine-meshed panel (1 1/4-inch (3.2-cm) mesh)	64
Fine-mesh panel only (1 1/4-inch (3.2-cm) mesh)	52
2-inch (5.1-cm) mesh panel only	1
Not equipped with any panel	9
Unknown	5
<b>Total</b>	<b>131</b>

The above information has been obtained from inspection by IATTC staff members, communications from national fisheries agencies, and verbal statements from vessel captains and managing owners. The nine vessels not equipped with dolphin safety panels do not necessarily fish for tunas associated with dolphins.

Both the Commission and the U.S. tuna industry's Porpoise Rescue Foundation (PRF) continued a program to provide purse seiners with high-intensity floodlights for use during dark backdown sets, a program which the Commission began in

1982. As mentioned previously, the UNEP program is to provide a number of these lights to Latin American-flag vessels.

Data from the first three years of the program (1982-1984) were limited, but they indicated that the kill rates for dark backdown sets during which the floodlights were used were much lower than those for dark backdown sets in which other lighting methods, or none at all, were used. For 365 dark backdown sets observed aboard U.S.-flag vessels during the 3-year period the kill per set was 14.83. For the 77 sets in which Commission-type floodlights were used the kill per set was 6.71, as compared to 17.00 for the 288 sets in which other, or no, lighting methods were used.

Including data provided by the PRF for observed sets on U.S. vessels in 1985 with the 1982-1984 data results in an increase in the kill per set for dark backdown sets with floodlight use to 11.87 in 204 sets, and a slight drop in the kill rate for dark backdown sets with other or no lighting systems used to 16.13 in 356 sets. The increase in the kill rate for floodlight-use sets was largely due to two 1985 trips with high incidental dolphin mortality.

As mentioned in previous annual reports, the distribution, and therefore the use, of the floodlights has not been random, and the data can be easily biased in either direction by a few vessels with mortality problems not related to the use of Commission-type floodlights. Thus, the Commission is uncertain as to the extent that the use of floodlights reduces dolphin mortality. However, many vessels have purchased floodlights and many positive comments have been received by the Commission and the PRF from captains, crew members, and scientific technicians concerning their performance. In 1986, U.S. regulations will require all U.S.-flag seiners with permits to fish for tunas associated with dolphin schools to have aboard the vessel a floodlight with specifications similar to the Commission-type floodlight.

### ***Dolphin behavior***

#### ***School structure***

The school structure of spinner dolphins, *Stenella longirostris*, is currently being studied with aerial photographs taken off Mexico. One facet of this study has been to determine whether certain sizes of dolphins occur more often in some sections of the schools than in others. The locations of calves are of particular interest, since this may help determine how a school functions to protect its most vulnerable members.

A computer-generated map of the positions of all dolphins visible in the photograph of each of nine schools of the Costa Rican stock of spinner dolphins was plotted to scale. The images of the dolphins which could be measured photogrammetrically were also plotted to scale and color coded by size class. A total of 15,908 dolphins, 7,756 of which could be measured, were plotted. The computer maps of the schools permitted examination of the spatial relationships of various size classes within a school. By sectioning these maps into subareas, it was possible to test whether calves are more likely to be found in the middle of the school or at its periphery.

First of all, however, it is necessary to define a calf. Because the biology of the Costa Rican spinner dolphin is poorly known, there are few data available to define a range of lengths for calves. Using nearest-neighbor techniques, however, the length at which calves begin to become independent of their mothers could be estimated. By noting the length at which smaller dolphins begin to associate with each other, rather than with adult-sized dolphins, an estimate was made of the length at which young dolphins become independent of their mothers. Thus, dolphins less than 156 cm in length were considered to be calves in this study.

It might be expected that calves would be found in the middle of the school for protection. Each school was divided into three sectors, center, front periphery, and rear periphery, each sector containing equal numbers of dolphins, and then the numbers of calves in each sector were compared. A chi-square test indicated no significant difference among sectors for the nine schools combined. Clumping of calves, was evident from the plots, however, and this could produce significant results in particular sectors of particular schools.

Photogrammetry can be applied to other facets of school structure as well. Current studies include (1) analysis of dolphin spacing within schools, (2) nearest-neighbor analyses to determine the relationship between a dolphin of a given size and the sizes of its three nearest neighbors, (3) examination of the degree of size homogeneity within discrete sub-groups in the schools, and (4) description of the spatial patterns of spotted and spinner dolphins in mixed-species schools.

#### ***Changes in behavior with time***

Tuna fishermen have noted that dolphin behavior has changed over the years, presumably as a result of fishing pressure by tuna boats. In areas where fishing has been conducted for many years it was once fairly easy to herd and capture the dolphins, but some species are now more difficult to capture. In areas where the fishery is relatively new, however, dolphins are still relatively easy to capture. Changes over time in the behavior of dolphins inside the net also have been noted.

To examine the behavioral changes of dolphins inside the net, a preliminary study of observer data was conducted which showed that the kill of spotted dolphins per set in a given area was inversely related to the fishing effort in that area. While there are a number of ways to explain this observation, one likely explanation is that dolphins in heavily-fished areas have gained experience by being set upon and have learned certain behaviors that reduce their mortality.

This possibility was explored by testing the effects of wind, current, amount of daylight, and area on dolphin behavior. Comments on dolphin behavior recorded by IATTC scientific technicians during 1979-1984 were examined for spotted dolphins (*Stenella attenuata*) and spinner dolphins (*S. longirostris*). The behavior was then ranked on a scale from 1 to 4 according to activity level after encirclement, with 1 being the least active. The areas selected, chosen on the basis of stock boundaries and patterns of fishing effort, are shown in Figure 32.

The effects of wind, current, and daylight on behavior were typically non-significant, although slight significance was occasionally seen for a particular

species or stock in a particular area. The effect of area on behavior, however, was highly significant for both spotted dolphins and the whitebelly stock of spinner dolphins. It was found to be non-significant, however, for the eastern stock of spinner dolphins.

As expected from the preliminary study, the results indicated that in areas of high fishing effort the average kills per set of spotted dolphins and whitebelly spinner dolphins were relatively low (Table 9). In these areas the dolphins were less active than in areas of lower fishing effort (Figure 33). These results suggest that spotted and whitebelly spinner dolphins which are relatively naive to fishing operations are more vulnerable to mortality because of their more active behavior inside the nets. With more experience with the fishing process, however, they become less active. For eastern spinner dolphins, however, the activity levels and the kill rates (Table 9) were about the same for Areas 2 and 4, even though the fishing effort in Area 2 was greater.

#### **STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1985 AND OUTLOOK FOR 1986**

It is the responsibility of the IATTC staff to monitor the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and to assess the effects of man's activities on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting the information in background documents and orally at the meetings of the Commission. To disseminate this information to the general public it is summarized in this annual report.

#### **YELLOWFIN**

The status of the yellowfin resource in the eastern Pacific Ocean has been assessed by the employment of production models and age-structured models with data collected by the IATTC staff. These results will be summarized, followed by a discussion of the condition of the resource in 1985 and considerations for 1986.

##### ***Production models***

When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, etc., prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as

the population would be at its maximum. The gains to the population would still include recruitment and growth, but the losses to the population would include not only natural mortality, but also fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the object of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are not always in existence. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point is reached with a lower CPUE. The catches will be greater during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean. The

previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 1) has been studied, and the results are discussed in previous annual reports of the IATTC. In summary, the results indicate that there is some intermixing of fish between the two areas, but not enough to invalidate the use of the model.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous annual reports of the IATTC. As far as can be determined, these effects usually balance out over fairly short periods of time, so in most cases they can be ignored without invalidating the use of the model. The period of late 1982 to early 1984 includes the strongest El Niño conditions which have been recorded, however, so the effects of this phenomenon on the fishery deserve special attention. At the 41st meeting of the IATTC in October 1983 the Commissioners requested that the Director prepare a special report on this subject. He did this, and the report was distributed to the Commissioners in 1984.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC's staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF).

The symmetrical production model was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934-1955, which furnished a wide range of effort on the underfishing side of the curve. These data indicated that, within the ranges

of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

The fishery prior to the mid-1960's was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960's, however, the fishing fleet began to increase in size and extended the range of fishing effort to much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 34. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies have been described in more detail in previous annual reports.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

The present status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined from analysis of production models, will now be discussed. There are many factors which have not been mentioned in this report which apparently affect the model. These have been discussed in previous annual reports of the IATTC, so they will not be mentioned again here. Because of the complicated nature of the fishery and the rapid changes which have taken place in recent years there has been considerable experimentation in the selection and preparation of the data to be used and in the choice of the mathematical procedures to be employed for the analysis of the catch, effort, and CPUE data. Only the four methods which have been given the most emphasis during 1985 are discussed in this report. Two methods employ the logistic model, for which it is assumed that the equilibrium

relationship between catch and effort is linear. The other two employ the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and effort need not be linear. For all methods only the effort and CPUE (CPDF) data for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) are used. (In previous years another method, which employed the logistic model and data standardized to Class-3 vessels (101-200 tons capacity) was used. However, because of the paucity of Class-3 vessels, only the data for Class-6 vessels are presented in this report.)

The quotas and catch and CPDF data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1967 through 1985 are shown in Table 10. The equilibrium production curves and the "observed" points representing non-equilibrium catch and effort are shown in Figure 35. The "observed" CPDF values, computed using the parameters in Figure 35, are not identical to the CPDF values in Table 10 because of adjustments which have been made to compensate for the effects of regulations on the CPDF during the second half of the year, etc. For the top two curves  $q$ , the coefficient of catchability, was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for earlier years, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. Curves equivalent to the bottom two curves were calculated in 1984. During this process no constraints were applied to  $q$ , *i.e.* it was reestimated while estimating the other parameters. For the present analysis  $q$  was set equal to the values obtained in 1984, but the sums of squares were recalculated, using one more year of data and some corrections for the data for earlier years. The data for these four curves are as follows:

$m$	$q$	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares ( $\times 10^{-9}$ )
2.0	0.000039	175	1.189
0.8	0.000039	173	1.259
2.0	0.000034	172	1.218
0.8	0.000021	152	1.492

$m$  is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and vice versa. The sums of squares will be discussed in more detail later.

For three of the four methods the AMSY is estimated to be about 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. For Panels 1, 3, and 4 in Figure 35 the 1976-1981 points fall to the right of the maximum point of the curve, and for Panel 2 the same is the case for the 1978, 1979, and 1981 points, implying that for those years the effort had exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. The catches tended to decrease during those years, suggesting that the production model just discussed was doing a reasonably good job of describing the status of the yellowfin stock with regard to effects of fishing. The current



levels of effort are near the optimum in all cases except that shown in Panel 2. It is still not certain whether the symmetrical or asymmetrical forms of the model better describe the dynamics of the yellowfin stock. The data accumulated during the past few years up to 1984 seemed to favor the latter, with 0.8 being the "best" estimate for  $m$ , but when the 1985 data are added it is apparent that the sums of squares are less for the symmetrical forms of the model, and it is uncertain which value of  $m$  is the best.

The top panel of Figure 36 shows the CPDF values for 1968-1985. The middle panel of that figure shows an index of abundance based on a "searching time" model (IATTC Bull., Vol. 18, No. 4) which is similar to the CPDF model. Biomass indices of abundance of yellowfin, derived from the cohort analyses described below, are shown in the bottom panel of Figure 36. The searching time and cohort indices show lesser declines for the 1970-1980 period than that shown by the CPDF indices, and the cohort index shows a greater recovery since 1980.

The above results will be discussed in more detail in the section entitled *Condition of the stock in 1985 and considerations for 1986*.

### ***Age-structured models***

Age-structured models, in contrast to production models, make use of data on individual fish, rather than the population as a whole. The input to age-structured models consists of estimates of recruitment, growth, and fishing and natural mortality. Estimates of these parameters are obtained from analyses of data on the length-frequency distributions of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game.

#### ***Yield-per-recruit model***

The most commonly employed type of age-structured analysis is the yield-per-recruit model. If a cohort of unexploited juvenile or young adult fish is present in an area its total weight first increases as the growth of the fish (the increase in weight during a given period divided by the initial weight) is high, while the losses due to natural mortality are moderate. Later, however, when the fish grow older their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be moderate. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time.

When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing mortality on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly less than the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age and size, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age restriction of the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as such does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model as described here does not take the possibility of reduced recruitment into account, but this is an integral part of production models.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower or the natural mortality rate may be higher when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age and size will vary according to population density. This complication is also not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is an integral part of production models.

Proceeding now to yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the estimates of growth and natural mortality which the IATTC staff has obtained are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds

or 28 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably less than the critical size. When most of the tuna fleet converted from bait fishing to purse-seine fishing in the late 1950's and early 1960's the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin has been considerably greater during the period after the conversion to purse seining than during the previous period. As pointed out previously, the offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960's was an important factor in these increased catches, but the increase in the average size of the fish caught may also have been partially responsible for the increase.

As stated previously, the object of management specified by the IATTC convention is to obtain the AMSY. The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 37. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon a coefficient of natural mortality of 0.8 (about 55 percent per year if there were no fishing mortality) and the following coefficients of fishing mortality:

Group	Period	Weight	Annual coefficient of fishing mortality
X	first quarter of first calendar year in the fishery	3.2-4.6 pounds 1.5-2.2 kg)	0.3 (exploitation rate of 18 percent)
X	all subsequent quarters	4.6-200 pounds (2.2-90 kg)	0.6 (exploitation rate of 32 percent)
Y	third quarter of first calendar year in the fishery	3.2-4.6 pounds (1.5-2.2 kg)	0.2 (exploitation rate of 13 percent)
Y	fourth quarter of first calendar year in the fishery	4.6-6.5 pounds (2.2-3.1 kg)	0.6 (exploitation rate of 32 percent)
Y	all subsequent quarters	6.5-200 pounds (3.1-90 kg)	0.8 (exploitation rate of 40 percent)

(The X and Y groups are defined in the section entitled *Biomass analysis*.) These are the conditions which appear to best describe the fishery during the 1980-1983 period, when there were no regulations and more effort was directed toward small yellowfin than was the case during the late 1960's and early 1970's. During 1984 and 1985 the fishery has shifted to catching older fish again, as can be seen in Figures 41 and 47. The values on the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent values about half of, equal to, and twice the average effort values for 1980-1983. A multiplier of about 1.0 corresponds to the effort value for 1985. However, since the age-

specific fishing mortality has changed, there are more older and less younger fish in the catch. The maximum yields per recruit are obtainable at sizes at entry of about 10, 20, 32, 38, and 41 pounds (4.5, 9.1, 14.5, 17.2, and 18.6 kg) for multipliers of 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, and 4.0, respectively. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds (28 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 8.7 pounds (3.9 kg). If the effort were to increase to its 1979 level (multiplier of 1.6) with a size at entry of about 30 pounds (13.6 kg) the yield per recruit would be about 7.3 pounds (3.3 kg). These relationships are shown in Figure 37. The fact that the benefit of protecting small fish increases with increasing effort is shown in another way in Figure 38.

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. Such would be the case if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing a preponderance of small fish and more in those containing a preponderance of large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figures 37 and 38. This may already be happening.

### ***Biomass analyses***

In addition to studies of the yield-per-recruit model, age-structured biomass analyses have been performed by the IATTC staff. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1968 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1967 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1968. The recruitments to the X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same (Table 11). Then estimates are made of the numbers of the fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. These numbers are converted to weights from data on the average weights of fish of different sizes to calculate the biomass estimates. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and

length-frequency and length-weight data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Age-structured biomass analyses have been conducted for the 1964 through 1985 seasons. The quarterly estimates of the average numbers of fish by age group for 1968 through 1985 are given in Table 12 and those of the annual average biomasses of fish by age group for 1967 through 1985 are given in Figure 39. Different "initiating" rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates. The results indicate that the initiating rates can influence the general conclusions, especially for the present condition of the stock.

The estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, can be obtained from Table 12. For the X68 cohort, for example, there was an average of 24,724,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 20.2, 16.4, and 13.2 million fish, respectively (1968 rows, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 10.4, 8.0, 6.3, and 5.1 million fish, respectively (1969 row, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 24.7 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968, first row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 12 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was estimated indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

The numbers of recruits for each cohort for 1967-1985 (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 11. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 26 million for the Y cohort and 23 million for the X cohort. The variability among years is greater for Y cohort (3.6) than for the X cohort (2.3), and that for the combined data (2.9) is intermediate. Although the recruitment is variable, there is no evident trend in recruitment over time.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19+	157.0	71.2

These values were multiplied by the corresponding values in Table 12 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 39. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X68 and Y68 cohorts (diagonal lines) were both relatively strong, for even though the fish were fished heavily in 1968 when they were small their biomass remained high in the succeeding years. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, for after having been heavily fished in 1973 its biomass was low.

In Figure 40 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1985 for all fish regardless of age and for "large fish" (all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters since recruitment plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters since recruitment). The data for 1964-1967 are not shown because during that period the fishery in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968-1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The second largest catch of yellowfin inside the CYRA in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing in 1982 to the lowest level observed in the fishery. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, and possibly that of 1984, so many of the fish were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was average in 1980, slightly above average in 1981 and 1983, slightly below average

in 1982, and very high in 1984. The biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and greatly increased in 1984 due to excellent recruitment and reduced fishing on young fish. The benefits from the 1984 recruitment continued into 1985, in spite of the large increase in catch. Preliminary estimates of the 1985 recruitment indicate that it was about average.

The purse-seine catches, in short tons, of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968-1985 are shown in Figures 41 and 42. In Figure 41 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 42 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

Comparison of Figures 39 (annual estimates of the biomass of the X and Y groups), 40 (quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 41 and 42 (purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970's, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The age-structured biomass analysis sheds further light on this subject. The total contribution each X plus Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated for the 1967 through 1981 cohorts. The sums of the estimated catches from the combined cohorts shown in Table 12 range from 117 thousand tons for the 1967 cohort to 268 thousand tons for that of 1974, with an average for the 15 groups of 157 thousand tons. If the Y74 cohort had not been fished so heavily in its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these cohort catches by the corresponding estimates of recruitment (values in Table 11B adjusted to the initial numbers) gives yield-per-recruit estimates which varied from 4.3 to 7.4 pounds, (2.0 to 3.4 kg), while the initial recruitment varied from 32 million to 92 million fish (averages of 5.9 pounds (2.7 kg) per recruit and 55 million fish). For the yield-per-recruit model it was assumed that the recruitment occurred at about 3 pounds or 1.4 kg (40 cm) and the size composition of the catch was similar to those of 1980-1983. This gives a prediction of the maximum yield per recruit of about 5.5 pounds (2.5 kg). (The maximum yield per recruit of 5.5 pounds for the 1980-1983 period is less than the observed value of 5.9 pounds (2.7 kg) for 1967-1981 because the fishery was more dependent on smaller fish during the latter period.) The observed yield per recruit for the 1978 combined cohorts was 5.5 pounds and its catch composition (Figure 41) was similar to what is estimated for the within-year catch composition for 1980 to 1983. The estimated recruitment for the last 5 years has averaged 62 million fish, which would produce about 167 thousand tons at a yield per recruit of 5.4 pounds. It was pointed out in previous annual reports of the IATTC that a shift of fishery effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur in 1985, and at the current levels of effort the gain from this change in the size composition of the fish in the catch should be great. If the fishery continues to catch mostly older fish and the effort remains at the same level or increases

there should be a sustainable increase in the yield per recruit and catch.

***Condition of the stock in 1985 and considerations for 1986***

***Inside the CYRA***

In the section entitled *Production models* four forms of that model are discussed. Two of these are symmetrical ( $m = 2$ ), one with  $q$  (the coefficient of catchability) set equal to 0.000039 and the other with  $q$  set equal to 0.000034. The other two are asymmetrical ( $m = 0.8$ ), one with  $q$  set equal to 0.000039 and the other with  $q$  set equal to 0.000021. The  $q$  value of 0.000039 is an estimate calculated several years ago, and the values of 0.000034 and 0.000021 are ones calculated for the IATTC annual report for 1984. The data are summarized in the table on page 60 and in Figure 35. In that table the sums of squares are the sums of the squared differences of the expected values (computed from the estimated parameters of the model) from the observed values. These sums of squares are indices of the fits of the models to the data, lower sums of squares corresponding to better fits and vice versa. Analyses similar to these were presented in the annual report of the IATTC for 1984. The fits calculated in 1984 were better for the two unconstrained forms of the model ( $q = 0.000034$  and  $0.000021$ ) than for the two constrained forms ( $q = 0.000039$ ). It was noted that this was not surprising, in view of the fact that for several years the relative age-specific fishing mortality had apparently been changing, *i.e.* small fish had been making up a much larger portion of the catch from the mid-1970's to the early 1980's. This implies that  $q$  has been changing. Refitting the four forms of the model with the 1985 data gives slightly different results (Figure 35), however. As expected, the unconstrained forms of the model (Panels 3 and 4) continue to give lower estimates of the AMSY, but the minimum sums of squares were obtained for the symmetrical forms shown in Panels 1 and 3, whereas previously the minimum sum of squares was obtained for the asymmetrical form shown in Panel 4. The observed and expected values of the CPDF for the asymmetrical forms of the model corresponding to Panels 2 ( $q = 0.000039$ ) and 4 ( $q = 0.000021$ ) are shown in Figure 43. In both cases the fits are relatively poor for 1968-1972 and relatively good for 1973-1982. For 1983 and 1984 the fit for the model with  $q = 0.000039$  (top panel) was much worse than that for the model with  $q = 0.000021$  (bottom panel). For 1985, however, the model with  $q = 0.000039$  fits the data better than that with  $q = 0.000021$ . In both cases the expected values are less than the observed values, but in the bottom panel the difference is far greater than in the top panel—the opposite to what was observed in 1984. These changes in levels of confidence from one form of the model to another are indicative of the instability of parameter estimation over the range of data observed in the fishery in recent years, and emphasize the need to examine age-structured models as well as production models. From mid-1970's to the early 1980's the fleet concentrated its effort increasingly on smaller fish, and this probably decreased the yield potentials. This is reflected in the lower AMSYs estimated for the unconstrained forms of the model (Figure 35, Panels 2 and 4). In 1984 and 1985, however, the average sizes of the fish in the catches have increased substantially, for two



reasons. First, the average size of the fish in the population has increased due to the lower fishing mortalities in the preceding two years. Second, much higher prices have been paid to the fishermen for larger yellowfin, relative to smaller yellowfin and skipjack, which has decreased the fishing effort in areas where small yellowfin are caught. The increased average size of the fish in the catch and good recruitment in 1983 and 1984 have apparently increased the productivity of the stock.

In both cases depicted in Figure 43 the predicted CPDFs for 1983 and 1984 were greater than those for 1982. The observed CPDFs remained more or less constant for 1982 and 1983, and then increased in 1984 and 1985. There are several factors which may have been responsible for this pattern of events. First, a large portion of the fleet, including a majority of the larger, more efficient vessels, conducted its operations only in the western Pacific during 1983, so the fleet which remained in the eastern Pacific was made up of vessels which were probably less efficient, on the average, than those which made up the fleet a few years earlier. Second, the ability of the fleet which remained in the eastern Pacific in 1983 to find concentrations of fish and remain with them until large catches had been made may have been impaired relative to previous years by lack of sufficient vessels to search in all likely areas of occurrence of the fish. Third, the most intense and widespread El Niño conditions which have been documented occurred in 1983.

The first point above was discussed in the annual report of the IATTC meeting for 1983. The CPDFs of 15 vessels which fished in the eastern Pacific from 1979 through 1983 increased 29 percent relative to 1982, indicating that the abundance of fish was greater in 1983 than in 1982.

No way has been found to estimate the effect of reduced searching power on the average annual CPDF (second point above), but nevertheless it is believed to be real.

The third point above is discussed in the annual report for 1984. In general, it is not possible to quantify the effects of El Niño conditions on the fishery. Each El Niño manifests itself in a different way, and examination of fishery data collected during such conditions shows few consistent patterns. Generally, there is a poleward expansion in the areas of catches of yellowfin and skipjack and a deepening of the upper mixed layer. Recruitment, which has averaged about 50 million fish for the past several years, shows no trends (Table 11), so approximately the same numbers of fish would be distributed over a wider area and the density would be less, on the average, throughout their range. In addition, previous research by the IATTC staff has shown that fishing is best where the upper mixed layer is shallow, so one might expect that the vulnerability of the fish which were available would be less than in normal years. An examination of the available data on the depth of the upper mixed layer in the central portion of the fishery shows that during the 1982-1983 El Niño it was much deeper than normal (Figure 44). The overall effect of the recent El Niño conditions, then, has been reduced CPDFs. In 1984, when the ocean had returned to more or less normal conditions, the CPDF increased, approaching or exceeding the expected values in Figure 43. The CPDF

increased even further in 1985.

As already noted, the high CPDF indicates that yellowfin are at their greatest abundance since the early 1970's. This increase was expected, due to the low catches in 1982 and 1983 which permitted the population to increase. The CPDFs in 1984 and 1985 have been even higher than expected, however. This was probably caused by good recruitment and the fact that, due to the lower prices for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where skipjack occur. In this context it should be noted that the searching time model estimates of abundance (Figure 36, middle panel), which include an adjustment for the effect of skipjack, show a much smaller increase in 1985 relative to 1984 than does the CPDF estimate (Figure 35, top panel).

To make the relationship between changing the size of the fish in the catch and potential production more easily understandable, the results obtained from the production and yield-per-recruit analyses are integrated in Figure 45, a three-dimensional representation of the relationship between productivity and fishing effort. In this figure the effects of changing the age-specific fishing mortality, or average size of fish in the catch, on productivity of the stock in terms of production-type models are depicted. The various curves represent the relationships between productivity and fishing effort with various regimes of age-specific fishing mortality. There is a maximum production value for the XY plane representing each regime, but somewhere in the XYZ space there is a single point representing the overall maximum production value, and the XY plane passing through that point corresponds to the regime of age-specific fishing mortality which can result in the maximum production.

During 1983 and 1984 both the fishing effort and catches were less than those which would produce the AMSY (Figure 35). The effect of this was increased stock size at the beginning of 1985. The stock size at that time was about 10 to 69 percent greater than the optimum, depending upon which estimates of productivity were used. By the end of 1985, the estimates of stock size ranged from 12 percent less than to 45 percent greater than the optimum. The estimates of the AMSY on page 60 range from 152 to 175 thousand tons. For the most conservative form of the model (Figure 35, Panel 4) it is estimated that the stock size is lightly below its optimum level, and a catch of about 150 thousand tons could be taken in 1986 without reducing the abundance further. For the other forms of the model the catches which would bring the stock size to its optimum level are 191 thousand tons (Panel 1), 224 thousand tons (Panel 2), and 171 thousand tons (Panel 3). The forms of the model with the lowest sums of squares are those in Panels 1 and 3, which indicate that the AMSY is 172 to 175 thousand tons and that the stock size which would produce this could be achieved by catching 171 to 191 thousand tons of fish in 1986.

It should be emphasized that the major deviations in historic environmental conditions, as well as fishing patterns, make assessment of the yellowfin stock very difficult. Notwithstanding these difficulties, it is still possible to provide recommendations to the Commissioners concerning the fishery for 1986.

Considering that there was a change during the mid-1970's in the age-specific fishing mortality and that that change reduced the yield per recruit and the productivity of the stock as estimated by production modeling, it is reasonable to assume that the stock would be less productive than when the average size of the fish was greater. Since 1983, however, the stock has shown signs of reverting to its previous, more productive state. Because of this, and because the most conservative form of the model (Figure 35, Panel 4) is the one which gives the worst fit to the data, *i.e.* the greatest sum of squares, more confidence can be placed in the less conservative forms of the model. As noted above, catches of up to 224 thousand tons would theoretically be possible in 1986 without reducing the stock size to less than the optimum. It would not be advisable to attempt to do this, however, as the stock size would probably be reduced below the optimum size unless the fishing effort were appropriately distributed in space and time. In addition, although economic matters are not within the province of the IATTC staff, it perhaps should be mentioned that if catches of those magnitudes were made in 1986 the CPUEs in subsequent years would probably be so reduced that many vessel owners would suffer economic hardship. Accordingly, the staff recommends a minimum quota of 175,000 tons for 1986. As already noted, the best estimate from production modeling (Panel 1) indicated that the stock by the end of 1985 would be larger than the optimum size needed to produce the AMSY. It is therefore recommended that there be provisions to increase the quota by two increments totalling 30,000 tons.

It has been mentioned frequently in the previous discussions that the productivity of the stock could be increased if the catches of small fish could be decreased. The catches of small fish have, in fact, decreased in 1985, but this was due to economic factors, and there is no guarantee that the current economic situation will continue. If the demand for tuna increases the catches of small yellowfin and of skipjack will probably increase unless steps are taken to protect the small fish. There are several possible approaches to reducing the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be re-instituted, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch. With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982-1984 period has increased the average size of the fish in the population, which has increased its productivity. However, maintenance of high productivity by continuous underfishing would reduce the annual yields, which is probably not in the best interests of all concerned. With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea

dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. With regard to the third approach, closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant. With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort was generated during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3.4 to 6.8 pounds (1.5 to 3.1 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped. The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

#### ***Outside the CYRA***

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 34, Area A3) since 1968 (Table 10). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May-June, or soon thereafter, the CYRA has in most years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but during the 1970-1984 period the CPDFs were fairly constant, between 7 and 13 tons (Figure 46, upper panel). Preliminary data for 1985 indicate that the CPDF was about 19 tons, the second highest ever recorded. The upward trend in the CPDFs for 1983-1985 matches that for the CYRA (Figure 36, middle panel). It is believed that this is largely because the variations in the level of the thermocline which affected the CPDFs inside the CYRA affected those outside the CYRA in the same way. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.9 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 46, lower panel). During the 1972-1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.2 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977-1984, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were down only slightly from those for 1970-1976. Preliminary data indicate that the catch for 1985 was again low, but the CPDF the highest ever recorded. In the lower panel of Figure 46 it is clear that the catch in the area

outside the CYRA has remained proportional to the effort. If the logistic form of the general production model expresses adequately the relationship between catch and effort for the area outside the CYRA, as discussed earlier for the area inside the CYRA, then the fishery outside the CYRA appears to be operating on the underfishing side of the curve. Accordingly, these data indicate no biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

If the fish outside the CYRA are part of the stock which occurs inside the CYRA it would be expected that there would be reductions in the biomass and average size of the fish outside the CYRA during the mid-and late 1970's, when such changes occurred inside the CYRA. No such reduction in biomass outside the CYRA is evident from the CPDF data. The average size of the fish caught outside the CYRA declined from about 63 pounds (29 kg) in 1972-1975 to about 27 pounds (12 kg) in 1979-1983, then increased to about 65 pounds (29 kg) in 1984, and then decreased to about 64 pounds (29 kg) in 1985 (Figure 47). The general decline could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.* more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with porpoises. The increase in 1984 was probably due to the decreased catches in 1982 and 1983, which permitted the fish to grow larger. The fishery in the area outside the CYRA should continue to be closely monitored to evaluate the various possibilities.

## SKIPJACK

Skipjack has been the dominant species in the world catches of tuna for many years. This domination continued to increase through 1983. Accordingly, the portion of the catch of the principal market species which was skipjack increased from 36 percent in 1970 to 43 percent in 1983. In the Pacific Ocean skipjack is even more important, with nearly 50 percent of the catch of the principal market species being skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 48. It is apparent that the catches in the Pacific are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific. The catches in the eastern Pacific, except for those in 1975-1981, have remained at about the same level during the 1965-1983 period, while those of the other areas have more than doubled.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. Tagging in normal years has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years larger portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries

for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catches of skipjack in the eastern Pacific vary considerably from year to year (Figure 48). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 49). During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950's to the early 1970's large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970's, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to off Colombia and Central America, and then during the early 1980's it seemed to shift back to Colombia and Ecuador.

The size compositions of skipjack samples taken in the eastern Pacific during 1980 through 1985 are shown in Figures 15 and 16. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (7.8 pounds or 3.5 kg) was higher in 1984 and 1985 than in previous years. The average weight for 1985, 9.9 pounds or 4.5 kg, is the highest on record.

### ***Population structure***

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of tagging, catch statistics, life history, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the annual report of the IATTC for 1983. That report also includes a discussion of the population structure of skipjack in the eastern Pacific and their relationship with those in the rest of the Pacific. In summary, there are two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the data presently available do not favor either the clinal or the subpopulation hypothesis. In the eastern Pacific, it appears that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends

of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

### ***Abundance and production models***

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in previous annual reports of the IATTC, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was no significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, but there was a highly significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 55 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent have been conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the eastern Pacific in greater than average numbers when the current is stronger and in less than average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed. On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. Some of the problem might be resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean.



during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described earlier in this report for yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. That requirement is not met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific (Figure 50). The skipjack fishery of the eastern Pacific takes place mostly relatively near the coast, and most of the skipjack caught in this area apparently are the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific, the central Pacific, and the western Pacific. In the absence of evidence to the contrary, it is assumed that the adolescent fish which occur in the eastern Pacific are largely the progeny of spawners in the central and/or western Pacific which are also the parents of fish which remain in the central and/or western Pacific. If so, the amounts caught in the eastern Pacific may be determined by either the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific or the abundance of juveniles in that area or those areas. In the absence of definition of the population being exploited, production modeling is of very limited value for skipjack in the eastern Pacific fishery.

Acknowledging the above limitations, attempts have been made to compare the effort and CPUE of skipjack in the eastern Pacific. The fishing effort increased during the 1970's, due to increases in the size of the fleet. This apparently did not deplete the resource, however, as some of the greatest total catches were made during the late 1970's. The catches of skipjack have been lower during 1982-1985, but this was due largely to reduced effort during this period. During 1982-1984 the effort was lower because many vessels had left the eastern Pacific to fish in the western Pacific, and during 1984 and 1985 it was lower because, due to lower prices for skipjack, the fishermen directed more effort toward yellowfin and less toward skipjack. Skipjack may have been somewhat less abundant in 1985, however, particularly north of 10°N. The 1961-1984 purse-seine CPUE and effort, in Class-6 units (vessels of more than 400 tons capacity), are shown in Figure 51. There is no obvious relationship. It is possible, however, that there might be a relationship which is masked by the nature of the fishery. For example, in different years the availability of skipjack might differ, but the amount of effort directed toward that species might be proportional to the availability, resulting in roughly equal CPUEs in each year. This could be the case, for instance, if skipjack were present in more areas in years of high availability than in years of low availability, but the densities of fish within the areas were roughly the same in all years. At this time the data furnish little or no evidence that this phenomenon could be



masking the relationship between the abundance of skipjack and the fishing effort, but the question will continue to be examined as a part of the IATTC staff's broad studies of fishing effort and CPUE as an index of abundance.

### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit approach to age-structured modeling has been discussed earlier in this report for yellowfin. The skipjack and yellowfin populations in the eastern Pacific are somewhat different, however. The natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate of growth of skipjack. Relative to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is apparently largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, but most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. The few long-term returns which have been received have nearly all been from fish recaptured in the central Pacific Ocean, and one reason why there are so few of them is that the fishing intensity is low in that area.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 52. The IATTC staff's estimates of skipjack growth, natural mortality plus emigration, and fishing mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1967-1979, the middle panel is based upon rates estimated from data obtained during 1971-1973, and the lower panel is based upon rates estimated from data obtained during 1975-1977. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1967-1969. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is between 1.00 and 1.10 pounds (0.45 to 0.50 kg) in the first panel and between 0.75 and 1.00 pounds (0.35 to 0.45 kg) in the second and third panels. In general, the yields are highest with a size at entry of 35 cm (about 1.7 pounds or 0.8 kg) and fishing effort considerably greater than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are only 35 cm long and presumably growing rapidly.

***Considerations for 1986***

Neither the production models nor the age-structured models indicate any need so far for the management of skipjack. The latter models indicate that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over 35 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but this seems unlikely from what is known of the spawning behavior and population structure, and furthermore there is no evidence from the effort and CPUE data that fishing has reduced the abundance of the fish.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the eastern Pacific Ocean and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the eastern Pacific several months ahead of time, which would be of great value to fishermen who must decide in advance whether to fish in the eastern Atlantic, eastern Pacific, or western Pacific Ocean. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet. A wide variety of information on skipjack and its relationships with the environment is currently being analyzed, and a major report on this subject will be completed during 1986.

**BIGEYE**

Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950's there was little longline fishing in the eastern Pacific, and hence there was little catch of bigeye in that area. During the mid-1950's, however, Japanese longline vessels began to fish in the eastern Pacific, and the catches of bigeye increased (Table 13). Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1965-1974 period seven papers dealing with the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the eastern Pacific were published, and another was in preparation during 1985.

The average quarterly distributions of catch per unit of effort of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971-1980 period are shown in Figure 53. The hook rates (numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye were high in most of the eastern Pacific except the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of highest hook rates were between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 18° and 33°N and 120° and 145°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18° and 25°S and 80° and 90°W during the third and fourth quarters.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 54 during 1971-1980 are shown in Figure 55. Most of the fish in the

catch ranged from about 100 to 170 cm in length. The length composition was relatively stable during the 1971-1974 period, but considerable change is apparent for 1975-1980. The proportions of smaller fish (less than 120 cm) were significantly higher in 1977 and 1979, and stronger separation of the modal groups is apparent for 1975, 1976, 1979, and 1980. These changes in the length composition will be given further attention in the near future, as they coincide in time with the recent increases in fishing effort by the Japanese longline fleet.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific increased during the late 1960's and the 1970's, and then declined after 1981 (Table 13). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there have been no regulations for this species, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin, as the latter were subject to regulation in a considerable portion of the eastern Pacific during the latter part of each year of the 1966-1979 period. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the recent statistics are more accurate. Bigeye and yellowfin bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. The decline after 1981 is probably due mainly to a decline in fishing effort during that period.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the eastern Pacific during 1980-1985 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 17. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

In general, there are two approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, production modelling and age-structured modelling. These models are described in detail in the section of this report dealing with yellowfin.

### ***Production models***

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the eastern Pacific only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. Due to lack of data from tagging or other studies which would yield information on stock structure, however, it is not possible to estimate the extent, if any, of mixing of bigeye of different areas.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (number of fish caught per million hooks) for 1954-1980 for the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 54 are shown in Figure 56. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954-1960 the effort and catches were low and the catch per unit of effort (CPUE) was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater

than during 1954-1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1980 the effort ranged between about 38 and 114 million hooks and the catch between about 0.37 and 1.07 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed in the section for yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY. It may be significant, however, that the catches more than doubled during the 1965-1980 period, while the CPUEs remained about the same. This could be due to the fact that bigeye, because of its high price, was especially sought by longline fishermen. For example, the adoption of deep longline gear (discussed earlier in this report) during the late 1970's may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort ( $F$ ) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Because it is impossible, with the data presently available, to estimate the coefficient of natural mortality ( $M$ ) of bigeye with any degree of confidence, trial values of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 on an annual basis were used. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual coefficients of fishing mortality ( $F$ ) of 0.1 to 1.6, are shown in Figure 57. In every case the yields per recruit were lowest with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 17 and 55 that most of the purse seine- and longline-caught bigeye are recruited at about 60 to 90 cm and 90 to 120 cm, respectively. In 1980 and 1982-1984, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery. At an  $M$  value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at  $F$ 's up to 0.4. At  $F$ 's of 0.6 and higher the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm and at  $F$ 's of 0.8 and higher they are less for a length at entry of 60 cm. At an  $M$  value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of  $F$  for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for  $F$ 's up to 0.6, but at higher  $F$ 's the yields per recruit are less. At an  $M$  value of 0.8 the yields per recruit are

approximately the same at all  $F$ 's regardless of the length at entry. At an  $M$  value of 1.0 the yields per recruit are roughly the same at all  $F$ 's for lengths at entry of 40, 60, and 90 cm, but less for a length at entry of 120 cm. In general, at high values of  $M$  the highest yields per recruit are realized with low to intermediate lengths at entry (40, 60, and 90 cm) and at low values of  $M$  the highest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). Although it is presently not known what value of  $M$  is most applicable to the bigeye population exploited by the surface and longline fisheries of the eastern Pacific, it is most likely between 0.6 and 0.8. At these levels the above analyses suggest that the yield per recruit would be maximized at a length at entry between about 90 and 120 cm. This implies that the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that that for the longline fishery is greater than that length. It is stressed, however, that these estimates are based upon inadequate data, so their reliability is low. Furthermore, even if the estimates were known to be reliable, there would be little opportunity to influence the length at entry into either fishery.

### NORTHERN BLUEFIN

The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951-1985 period are shown in Figure 58. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern and western Pacific. The western Pacific catches increased during 1978-1983, after poor catches during the previous six years. In the eastern Pacific the catches were poor during 1980-1984, but showed improvement in 1985.

The staff of the IATTC has been studying northern bluefin on a modest scale since 1973. Prior to 1979 staff members collected logbook data and measured samples of fish caught by purse seiners in the eastern Pacific to determine their length compositions. Since 1979, however, the work has increased. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (Internal Report 12 of the IATTC). Parts of that review are summarized in the annual report of the IATTC for 1979. Also, data on the catches of bluefin by area, date, vessel size class, size of school, type of school, etc., were assembled, analyzed, and published in the IATTC's Bulletin series (Vol. 18, No. 2).

Although bluefin have not been tagged in the eastern Pacific since 1980, analyses of these data have continued as time has permitted. The major releases of tagged fish in the eastern Pacific are summarized in Table 14. Ten returns from the western Pacific have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

Tagging of bluefin in Japan was carried out by IATTC employees who were stationed there intermittently during 1980-1982. The returns to date are shown in Table 15. Prior to these experiments there had been only two records of tagged bluefin released in the western Pacific and recaptured in the eastern Pacific.

The 1979-year class fish released during January-April 1980 appeared in the

eastern Pacific during the summer of 1981, approximately 1½ years later, when they were in their third year of life. The 1981-year class fish released during July-September 1981 appeared in the eastern Pacific during the summer of 1982, approximately 1 year later, when they were in their second year of life. From this information it appears that at least some of the fish which leave the western Pacific in the fall of their first year of life arrive in the eastern Pacific the following summer, but few or none of those which linger in the western Pacific until the spring arrive in the eastern Pacific until the summer of the following year.

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the eastern Pacific in recent years. Spawning in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Some fish apparently remain their entire lives in the western Pacific. Others migrate to the eastern Pacific, probably mostly or entirely during their first or second years of life. Those which migrate during their first year are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the fall or early winter. Those which migrate during their second year are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the eastern Pacific, probably in the summer or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California. After a sojourn in the eastern Pacific the survivors return to the western Pacific, where they eventually spawn. The length of the sojourn in the eastern Pacific is not known, but it is reasonably certain that some fish stay at least 2 years, as fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured there after as long as 2 years at liberty. Fish of 6 or 7 age groups are caught in the eastern Pacific, so it is possible that some fish may stay in that region for 5 or 6 years. There are no data available which are useful for determining whether any fish make more than one round trip between the western and eastern Pacific Ocean. Because of the high mortality rate, however, it seems unlikely that more than a small portion of the fish could do this.

It has not been determined whether there is a single homogeneous population or more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean, so both of these possibilities will be considered in the following paragraphs. If there is a single homogeneous population oceanographic conditions probably determine what portions of the juvenile fish in the western Pacific attempt to cross the ocean, whereas if there are resident and migrant subpopulations the migrant fish are presumably genetically induced to migrate to the eastern Pacific and back.

The single homogeneous population hypothesis will be considered first. The decline in the catches in the eastern Pacific could be due to (1) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 55 cm in length caused by heavy exploitation of fish in their first year of life off Japan, (2) a decrease in the availability in the eastern Pacific (*i.e.* a decrease in the portion of the population which has migrated to the eastern Pacific or a shorter average sojourn in the eastern Pacific of the fish which have made that migration), (3) reduced fishing effort in the eastern Pacific, and/or (4) a decrease in vulnerability to capture of

the fish which have migrated to the eastern Pacific.

It is not possible to evaluate the first possibility without more detailed data on the catches of fish of different sizes off Japan. If there has been an overall decline in the abundance of fish greater than 55 cm in length the catches in the western Pacific would have declined unless much greater numbers of small bluefin were caught or there was an increase in the relative fishing mortality of large fish as a result of increases in effort or efficiency of the gears which take bluefin greater than 55 cm. Even relatively crude data on the catches of fish of various sizes would be useful for resolving this question.

The decline in the catches of bluefin in the eastern Pacific in the late 1970s and early 1980s occurred at the same time as an increase in the catches in the western Pacific (Figure 58). This might indicate that oceanographic conditions have caused lesser portions of the small fish in the western Pacific to emigrate in recent years. Length-frequency data for the eastern Pacific provide information on the length of the average sojourn in that area. The portions of smaller and larger fish in the catch have been about the same during the 1970's and 1980's, which indicates that the average sojourn in the eastern Pacific has not decreased. Oceanographic conditions will eventually change, if they have not already done so, so if the decline in the catches in the eastern Pacific is due solely to oceanographic conditions greater catches can be expected when conditions return to normal.

The numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970's had been responsible for most of the bluefin catches in the eastern Pacific, have been declining during the past several years, so the catch and effort data should be examined in such a way that it can be determined to what extent the decline in the catches is due to declines in effort by vessels of various sizes. Accordingly, for the area north of 23°N and the May-October periods for 1975 through 1984, tabulations were made of the numbers of purse-seine sets, numbers of purse-seine sets which resulted in catches of bluefin, and tons of bluefin caught by vessel size classes. Virtually all of the bluefin catches are made north of 23°N and the great majority are made during the May-October period. The 1975-1984 period includes both normal and below-normal catches. Some results obtained from manipulation of these data are shown in Figure 59. The numbers of sets have declined by about 50 percent for Class-3, -4, and -5 vessels, while the average catches per successful bluefin set have remained about the same. The greatest declines are those for catch and for ratio of bluefin sets to total sets. From these data it appears that most of the decrease in catches of bluefin is due to lesser availability or vulnerability to capture of this species, with declining effort playing a lesser role.

There is no obvious reason to suggest that the vulnerability to capture of the fish in the eastern Pacific has been declining, so this possibility has been discounted until evidence to the contrary is produced.

The hypothesis that there is more than one subpopulation will now be considered. If there is a migrant subpopulation the decline in the eastern Pacific

catches could be due to (1) a decline in abundance of the migrant subpopulation, (2) decreased fishing effort in the eastern Pacific, and/or (3) lesser vulnerability of the fish of the migrant subpopulation to capture in recent years. The second and third possibilities may be responsible for part of the decline, but probably not all of it, for the reasons given in the discussion of the first hypothesis. Therefore, if the second hypothesis is correct some sort of action to protect the fish of the migrant subpopulation would seem to be appropriate.

The above information suggests at least three high-priority research items. The first is determination of whether there is a single homogeneous population or separate resident and migrant subpopulations. This might be accomplished by biochemical genetic studies, but such a study could be time-consuming and expensive to carry out. The second is assembly of catch and length-frequency data for the Japanese fisheries and comparison of these data with those for the purse-seine fishery in the eastern Pacific. This might be relatively easy to do. The third is performance of a yield-per-recruit analysis. This has been done, using only the data in Table 16. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	$l_t = 219 (1 - e^{-0.211t})$	IATTC Ann. Rep., 1984
length-weight relationship, through May of the third year of life	$\ln w = 3.40 \ln l - 20.1$	IATTC Ann. Rep., 1980
length-weight relationship, after May of the third year of life	$\ln w = 2.78 \ln l - 7.67$	California Department of Fish and Game, unpublished data

The coefficient of natural mortality was set at 0.6 on an annual basis, and the coefficients of fishing mortality for the various fisheries were assigned on the basis of what is known of the catches from catch statistics and tag returns. The results of these analyses indicate that the yield per recruit would increase if the age at entry into the fishery were increased to about 1 year (about 50 cm). It is hoped that data can be obtained to pursue these investigations further.



## **INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1985**

### **INTRODUCCION**

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio establecido originalmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo esta estipulación, Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, los Estados Unidos Mexicanos en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978, Costa Rica en 1979 y Canadá en 1984.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo el convenio son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar las consecuencias que la pesca y los factores naturales tienen sobre su abundancia y (2) recomendar las medidas apropiadas de conservación para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan sostener capturas máximas constantes.

En 1976, aumentaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Se acordó que sus objetivos serían: “[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca.” Los puntos determinados de participación serían: (1) la investigación de la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la recolección de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) los reconocimientos aéreos y el marcado de delfines; (3) el análisis de los índices de la abundancia de los delfines y los estudios computarizados de simulación y (4) el entrenamiento e investigación sobre las artes y el comportamiento de los delfines.

Para llevar a cabo esta labor, se le ha asignado a la Comisión que realice una amplia variedad de investigaciones tanto en el mar como en el laboratorio. Las investigaciones las realiza un personal permanente de investigadores contratados internacionalmente por el Director de Investigaciones de la Comisión, quién a su vez tiene que responder directamente ante los delegados de esta entidad.

El programa científico se encuentra en su XXXV año. Los resultados de las investigaciones son publicados por la Comisión en una serie de boletines tanto en inglés como en español, los dos idiomas oficiales. La revisión anual de la administración y de los trabajos se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en los informes especiales de la Comisión, en libros, en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. A fines de 1985, la Comisión ha publicado 121 boletines, 5 Informes Especiales, 225 artículos en libros y revistas exteriores de prensa y 34 anuarios. Todos estos

escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance de la crítica de la comunidad científica.

### REUNION DE LA COMISION

La XLIII reunión de la Comisión fue convocada en Tokio, Japón, del 15 al 16 de octubre de 1985. El Sr. Satoshi Moriya del Japón, actuó como Presidente. Los representantes de los cinco países miembros participaron en la reunión, como también observadores de Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Nueva Zelanda, Perú, la Rep. de Corea, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la International Whaling Commission y la South Pacific Commission.

Se aprobó la siguiente agenda:

1. Apertura de la reunión
2. Consideración y aprobación de la agenda
3. Análisis de la investigación actual
4. Examen del programa atún-delfín
5. El año pesquero de 1985
6. Condición del stock del atún aleta amarilla y recomendaciones en 1986
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto en el AF 1987-1988
8. Actualización de las labores referentes a los arreglos para la administración de los túnidos en el Océano Pacífico oriental
9. Fecha y sede de la próxima reunión
10. Nombramiento de funcionarios
11. Otros asuntos
12. Clausura

La Comisión adoptó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 175,000 toneladas americanas en el año pesquero de 1986, con la opción de aumentar este límite mediante dos incrementos de 15,000 toneladas cada uno, en caso de que el personal hubiera subestimado la abundancia del stock. La razón de esta recomendación se presentó en el Documento No. 2 preparado para la reunión, que se puede obtener al solicitarlo a la Comisión. La siguiente resolución fue adoptada por la Comisión con respecto al programa de conservación del aleta amarilla en 1986:

*Reconociendo* que existe la necesidad de un programa de conservación para evitar que el recurso del atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental sea reducido a un nivel inferior al que pueda garantizar una productividad elevada en el futuro,

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda* por lo tanto, a las Altas Partes Contratantes que cuando se adopte un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1986, debe establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla en el año civil de 1986, de 175,000 toneladas

americanas en el ARCAA según se define en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

*Recomienda además*, que se autorice al Director de Investigaciones para que eleve este límite con no más de dos incrementos sucesivos, si al examinar los datos disponibles, concluye que dichos incrementos no constituirán un peligro considerable para la población; los incrementos deben ser de 15,000 toneladas cada uno, y

*Recomienda finalmente* que todos los estados miembros y otros estados interesados se esfuercen diligentemente, para lograr que se ponga en práctica dicho programa de conservación del atún aleta amarilla en 1986."

(2) La Comisión acordó el presupuesto propuesto de \$3,303,192, correspondiente al año fiscal de 1987-1988.

(3) La Comisión acordó que la próxima reunión anual se convocaría del 5 al 7 de mayo de 1987, en Panamá R.P.

(4) La Comisión nombró al Sr. Armando R. Martínez V. de Panamá como Presidente y al Sr. Abelino Aróstegui Valladares de Nicaragua como Secretario de la Comisión en 1986-1987.

## ADMINISTRACION

### PRESUPUESTO

En la XL reunión, convocada en La Jolla (California) EUA del 19 al 21 de octubre de 1982, la Comisión aprobó unánimamente el presupuesto del año fiscal de 1984-1985, presentado por el Director, por la suma de \$2,718,180. Sin embargo, la cantidad final recibida de las naciones miembros en el año fiscal de 1984-1985, fue de \$2,448,511 dólares, una reducción de \$269,669 dólares de la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de esto, la Comisión canceló sus planes de realizar un experimento de marcado en gran escala frente a la costa del Ecuador y los alrededores de las Islas Galápagos. Este experimento se había ideado para obtener más conocimiento sobre la estructura de la población del barrilete.

### DECLARACION FINANCIERA

Las cuentas financieras de la Comisión en el año fiscal de 1984-1985, fueron revisadas por Peat, Marwick, Mitchell y Co. Se presentan a continuación tablas compendiadas de este informe:

**COMISION INTERAMERICAN DEL ATUN TROPICAL**  
**Balance General**  
**30 de Septiembre de 1985**

*Activo*

Activo circulante

Efectivo	\$ 145,296
Cuentas a cobrar	8,837
Anticipos y depósitos	60,819

Activo total circulante	214,952
-------------------------	---------

Propiedad raíz, al costo	325,775
--------------------------	---------

	\$ 540,727
--	------------

*Pasivo y Balance de los Fondos*

Pasivo circulante:

Cuentas por pagar	52,200
Gastos acumulados	255,163

Pasivo total circulante	307,363
-------------------------	---------

Balance de los fondos:

Fondo general (déficit)	(92,411)
Fondo propiedad raíz	325,775

Balance total de los fondos	233,364
-----------------------------	---------

	\$ 540,727
--	------------

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Declaración de los Cambios en la Situación Financiera**  
**correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1985**

Origen del capital de trabajo:	
Exceso de gastos sobre los ingresos	\$ -
	<hr/>
Aumento en el capital de trabajo	\$ -
	<hr/> <hr/>
Utilización del capital de trabajo:	
Deficit de los ingresos sobre los gastos	26,608
	<hr/>
Reducción del capital de trabajo	\$ 26,608
	<hr/> <hr/>
Cambios en los elementos del capital de trabajo:	
Aumento (reducción) del activo circulante:	
Efectivo	1,736
Certificados de depósito	\$ -
Cuentas por cobrar - contratos	(57,672)
Anticipos y depósitos	23,978
	<hr/>
	(31,958)
	<hr/>
Aumento (reducción) en el pasivo circulante:	
Cuentas por pagar	2,800
Gastos acumulados por pagar	8,150
	<hr/>
	(5,350)
	<hr/>
Aumento (reducción) en el capital de trabajo	\$ (26,608)
	<hr/> <hr/>

## COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

## Declaración de Ingresos y Gastos

Correspondiente al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1985

*Ingresos:*

Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados:

Estados Unidos de América	\$ 2,383,000
Canadá	-
Japón	65,511
Francia	-
Panamá	-
Nicaragua	-

Contribuciones totales	2,612,752
------------------------	-----------

Ingresos por contrato	52,212
Ingresos por interés	23,687
Otros ingresos	88,342

Ingreso total	2,612,752
---------------	-----------

*Gastos:*

Sueldos	1,461,775
Beneficios laborales	357,669
Gastos por contratos	143,217
Gastos de viajes	141,148
Gastos de los observadores	115,866
Imprenta y franqueo	52,562
Legales y profesionales	34,813
Materiales y suministros	259,624
Renta y servicios públicos	41,532
Seguros e impuestos	16,404
(Ganancia) perdida cambio moneda extranjera	439
Recompensa por marcas de peces	100
Miscelánea	14,211

Gastos totales	2,639,360
----------------	-----------

Exceso (déficit) de gastos sobre ingresos	\$ 26,608
---	-----------

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Declaración de los Cambios en el Balance de los Fondos**  
**correspondiente al Año fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1985**

	Balance ilimitado de los fondos	Fondo propiedad raíz	Total
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1983	\$ (147,610)	325,775	178,165
Exceso de gastos sobre los ingresos	(81,807)	-	(81,8072)
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1984	(65,803)	325,775	159,972
Exceso de gastos sobre los ingresos	(26,608)	-	(26,608)
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre, 1985	\$ (92,411)	325,775	233,364

**COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES**

Los investigadores en 1985, continuaron manteniendo un estrecho vínculo tanto al nivel nacional como internacional con instituciones y organizaciones investigadoras universitarias, gubernamentales y privadas. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al frente de la evolución y rápido desarrollo que se presenta actualmente en la oceanografía y en la investigación pesquera mundial. Se describen a continuación algunos de los aspectos en este campo.

La casa matriz de la Comisión se encuentra en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla (California). Este es uno de los centros principales del mundo en cuanto a ciencias marinas, siendo el centro de muchas oficinas federales y estatales de pesca, implicadas en la oceanografía y ciencias subordinadas. Esto ofrece una excelente oportunidad para que el personal se mantenga en comunicación diaria con científicos de estas entidades.

Se continuó durante el año la relación muy cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la South Pacific Commission (SPC) la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

y otros organismos internacionales. Durante el año la Comisión colaboró con una nueva entidad pesquera, la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), establecida en 1984, dentro de la estructura del Sistema Económico de América Latina (SELA). Se espera que en el futuro se establezca un estrecho vínculo con esta entidad. Además durante el año la Comisión trabajó estrechamente con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), especialmente mediante el Plan Global de Acción para la Conservación, Manejo y Utilización de los Mamíferos Marinos. El trabajo se centralizó en ampliar el programa atún-delfín de la Comisión en Latinoamérica. La subvención provista por PNUMA facilitó este trabajo.

Además, en 1985, la Comisión mantuvo un estrecho vínculo de trabajo con las oficinas e institutos pesqueros de los países miembros, como también con entidades similares en muchos países no miembros en varios lugares del mundo.

Un ejemplo concreto del papel que desempeña la Comisión en la colaboración entre entidades afines fue una reunión de expertos sobre la pesca internacional convocada por el director de la Comisión en enero de 1984, para considerar la investigación de los atunes que debería llevarse a cabo hasta el año 2000. La reunión, celebrada en la Jolla (California), se convocó porque se han presentado nuevos requisitos en la administración de los recursos atuneros, debido a la rápida expansión de la pesca atunera en regiones oceánicas anteriormente inexplotadas, a la extensión de la jurisdicción de pesca de la mayoría de los estados costeros y al aumento del esfuerzo aplicado en las pescas tradicionales. Los participantes de la reunión discutieron cómo puede la investigación responder más eficazmente a estos cambios, identificando los problemas críticos que se han de tratar en los próximos 20 años. Los expertos prestaron un interés particular a tres temas de investigación que necesitan una atención especial: (1) la distribución y el desplazamiento de los atunes; (2) la variación periódica de los componentes de las partes duras con relación a los estudios de la edad, la heterogeneidad del stock y los índices de transferencia; y (3) la heterogeneidad genética. Se juzgó que estos temas tenían tal importancia en los requerimientos de la administración futura, que se le pidió al convocador que iniciara alguna acción sobre cada tema. Se formó un comité de siete científicos, incluso un investigador de la Comisión para hacer un estudio detallado del primer campo de investigación, la distribución y el desplazamiento de los atunes. A fines de 1985, estaba casi terminado el informe del comité.

El establecimiento por la Comisión de un laboratorio de investigación en Panamá, descrito en la sección titulada *Oficinas Regionales*, ha permitido que el personal tenga la oportunidad de trabajar más de cerca con el personal de las oficinas pesqueras panameñas. La presencia de los científicos de la Comisión en este laboratorio ha hecho que sea posible ayudar a los científicos locales a que lleven a cabo proyectos de investigación sobre especies que no sean atunes; *e.d.* pargos. Se anticipa que esta estrecha colaboración se afirmará aún más a medida que se vayan adelantando los proyectos y se les solicite a los expertos de la Comisión más ayuda en el análisis y procesamiento de datos.



## OFICINAS REGIONALES

La Comisión tiene oficinas regionales en San Pedro (California), Ensenada (México), Panamá (República de Panamá), Manta (Ecuador), Coishco (Perú), Cumaná (Venezuela) y Mayaguez (Puerto Rico). Los científicos y técnicos situados en estas oficinas, obtienen estadísticas de los descargues, los extractos de bitácora de barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, miden peces, obtienen otros datos biológicos y ayudan en el entrenamiento y colocación de técnicos científicos a bordo de barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo se lleva a cabo no solamente en los puertos antes nombrados, pero también en otros puertos de México, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Puerto Rico, que periódicamente son visitados por estos empleados. Sin embargo, no todas estas labores son desempeñadas por empleados de la Comisión en todos los países antes mencionados; por ejemplo, en 1985 han participado en el trabajo atún-delfín solamente en el Ecuador, Panamá y Venezuela.

Además, la Comisión tiene un laboratorio en la Bahía de Achotines, situado justamente al noroeste de Punta Mala en la parte occidental de Panamá. El laboratorio de Achotines se emplea principalmente para los estudios de los primeros estadios del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que la adquisición del conocimiento del ciclo vital de los atunes antes del reclutamiento en la pesca, eliminaría en gran parte las dudas que existen actualmente en la evaluación del personal acerca de la condición de varios de los stocks de estas especies. La Comisión proyecta ampliar las instalaciones del laboratorio para que haya suficiente espacio con el fin de acomodar investigadores de otras empresas, como de la Dirección General de Recursos Marinos, de Panamá, la Universidad de Panamá etc.

## PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica y el público en general se enteran corrientemente de los resultados científicos de los investigadores de la Comisión. La publicación de los datos básicos, métodos de análisis y las conclusiones obtenidas, ofrecen la oportunidad de que sean revisados críticamente por otros investigadores, confirmando así la validez de los resultados logrados por el personal científico de la Comisión y al mismo tiempo despertando el interés de otros investigadores en dicha labor.

La Comisión divulga en su serie de boletines las investigaciones de sus científicos y de otros investigadores colaboradores. En 1985, se editó en esta serie otro boletín en inglés y español.

Scott, Michael D., Wayne L. Perryman y William G. Clark. 1985. El empleo de las fotografías aéreas para estimar la magnitud de los cardúmenes de cetáceos. Vol. 18, No. 5.

En 1985, se publicó otro Informe Especial de la Comisión también en inglés y español:

Peterson, Clifford L., y William H. Bayliff. Organización, funciones y resultados de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. No. 5.

Además de las publicaciones anteriores, los investigadores publicaron 9 escritos en otras revistas:

Allen, Robin L. 1984. Los delfines y la pesca con cerco de atún aleta amarilla. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 14: 3-18.

Allen, Robin L. 1985. Dolphins and the purse-seine fishery for yellowfin tuna. En Beddington, J.R., R.J.H. Beverton, and D.M. Lavigne (redactores). Marine Mammals and Fisheries, George Allen and Unwin, London: 236-252.

Hammond, P.S. y M.A. Hall. 1985. Dolphin mortality incidental to purse-seining for tunas in the eastern tropical Pacific inflicted by the US fleet in 1983 and non-US fleet in 1979-1983. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 35: 431-433.

Hohn, Aleta A. y P.S. Hammond. 1985. Early postnatal growth of the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the offshore tropical Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 83 (4): 553-566.

Miller, Forrest R. 1984. Anomalías de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico oriental tropical y algunas consecuencias que se pueden presentar en la pesca de atún durante El Niño de 1982-1983. Com. Perm. Pac. Sur, Rev., 15: 67-83.

Miller, Forrest R. 1984. Weakening of El Niño at the beginning of 1984. Com. Perm. Pac. Sur, ERFEN Bol., 12: 5-7.

Perrin, William F., Michael D. Scott, G. Jay Walker y Virginia L. Cass. 1985. Review of geographical stocks of tropical dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern Pacific. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS, 28: 28 pp.

Rothschild, B.J. y A.J. Mullen. 1985. The information content of stock-and-recruitment data and its non-parametric classification. J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer, 42 (2): 116-124.

Schaefer, Kurt M. 1985. Body temperatures in troll-caught frigate tuna, *Auxis thazard*. Copeia, 1: 231-233.

### LA PESCA EN 1985

Debido a la fuerte explotación, la pesca del atún aleta amarilla estuvo desde 1966 hasta 1979, bajo administración internacional. La zona en la que se aplicó el programa de conservación del atún aleta amarilla, denominada Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA), se presenta en la Figura 1. En la XXXVII reunión convocada en octubre de 1979, la Comisión no llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla en 1980, sin embargo, se acordó luego una cuota de 165,000 toneladas americanas con la estipulación de aumentarla a discreción del Director, pero esta cuota no

llegó a ser vigente. Desde la XXXVIII reunión hasta la XLII, el personal de la CIAT recomendó cuotas de 160,000 toneladas en 1981 y 1982, 170,000 toneladas en 1983, 162,000 toneladas en 1984 y 174,000 toneladas en 1985, con la estipulación de aumentarlas según el criterio del Director. Estas cuotas fueron aprobadas, pero no se hicieron vigentes. En la XLIII reunión, celebrada en octubre de 1985, el personal de la CIAT recomendó una cuota de 175,000 toneladas en 1986, con la estipulación de aumentarla según el criterio del Director. Nuevamente la cuota fue aprobada (véase la resolución anterior) pero sin que se haya hecho vigente.

No se ha demostrado que haya necesidad de aplicar estas medidas de conservación a otras especies de túnidos obtenidas por la pesca del Pacífico oriental.

### ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESCARGUES

En la Tabla 1 se presentan las capturas anuales (1961-1985) de las varias especies de atunes y peces afines capturadas en cuatro zonas principales de pesca por barcos que habían pescado por lo menos parte del año de que se trata, aleta amarilla, barrilete o atún aleta azul en el ARCAA. (En esta tabla se incluyen solo las capturas de las artes epipelágicas, con excepción de las capturas palangreras de aleta amarilla obtenidas en el ARCAA que están incluídas). Los datos de captura del aleta amarilla, barrilete y atún aleta azul se encuentran esencialmente completos, excepto por cantidades insignificantes obtenidas por algunos barcos deportivos y de pesca artesanal, pero las cifras de captura de estas tres especies capturadas en las otras tres zonas y las cantidades de las otras especies en todas las cuatro zonas no representan la captura total de estas especies. Por ejemplo, las cifras de captura indicadas en la parte B de la Tabla 1 correspondientes al Pacífico occidental y al Océano Atlántico, representan solo parte de la captura total de estas especies obtenidas en estas dos zonas, ya que no se incluyen los datos de barcos que no han pescado en el ARCAA en el año de que se trata. Además, los barcos palangreros capturan grandes cantidades de patudo en el Pacífico oriental, tanto dentro como fuera del ARCAA, pero los datos de estas capturas no se presentan en la tabla.

La estimación preliminar de la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1985, de 217,411 toneladas es la más grande que se haya jamás registrado en esta zona. Es 74,711 toneladas superior a la captura de 1984 y 126,660 toneladas superior a la de 1983. La poca captura en 1983, fue el resultado de que los peces fueron menos vulnerables a la captura, debido a las condiciones oceanográficas, a la reducción en el esfuerzo de pesca y a la fuerte explotación de 1977-1981, que redujo la magnitud del stock. La reducción de las capturas en 1983 (como también en 1982) permitió que la magnitud del stock aumentara, lo que ha resultado en el aumento de las capturas en 1984 y 1985. La estimación preliminar de la captura de barrilete en 1985, en el ARCAA es 54,604 toneladas, 9,964 toneladas inferior a la anotada en 1984 y 40,044 toneladas inferior al promedio de captura de los cinco años anteriores. La poca captura de barrilete en 1985, se cree que se deba en parte a que la poca demanda por esta especie hizo que la mayoría de los barcos que estaban pescando en el Pacífico oriental aplicaran su esfuerzo al aleta amarilla, aunque hay indicaciones de que hubo poca abundancia de barrilete al norte de los

10°N durante la mayor parte de 1985. Por ejemplo, los barcos que no tuvieron restricciones sobre la cantidad de barrilete que pudieran descargar, solo obtuvieron pequeñas cantidades de esta especie al norte de los 10°N. La estimación preliminar en 1985, de la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el ARCAA fue de 272,015 toneladas, es decir 64,747 toneladas superior a la captura de 1984 y 42,286 toneladas superior al promedio de los cinco años anteriores. Las estimaciones preliminares de la capturas de aleta amarilla y barrilete en la zona entre los límites del ARCAA y los 150°W en 1985, son respectivamente 23,245 y 411 toneladas, un total combinado de 23,656 toneladas que es 3,313 toneladas superior a la captura de 1984 y 5,970 toneladas inferior al promedio anual de captura de los cinco años anteriores. La captura de 328,835 toneladas de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1985 (parte B, Tabla 1) fue 45,488 toneladas superior a la de 1984 y 8,851 toneladas superior al promedio de los cinco años anteriores. Dieciseis barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1985, pescaron también en el mismo año en el Océano Atlántico, en el Mar Caribe o en ambas partes y capturaron allí 8,218 toneladas de aleta amarilla y 4,000 toneladas de barrilete. Seis barcos que pescaron en el Pacífico oriental en 1985, pescaron también en el mismo año en el Pacífico occidental, donde capturaron 991 toneladas de aleta amarilla y 5,368 toneladas de barrilete.

En la Tabla 2, se presentan por abanderamiento de barco, las capturas obtenidas por la flota del Pacífico oriental en 1985, de aleta amarilla, barrilete y varios otros atunes en el ARCAA y en la zona adyacente al oeste del ARCAA. Al usar como comparación la captura total de todas las especies obtenidas en el ARCAA en 1984 y al excluir cambios de menos de 1,000 toneladas, se observaron los siguientes incrementos en la captura: Islas Caimán (+ 1850%), Ecuador (+ 10%), EEUU (+ 8%) Japón (+ 497%) México (+ 28%) Panamá (+ 995%), Vanuatu (no tuvo captura en 1984, más de 1,000 toneladas en 1985) y Venezuela (+ 48%). Las capturas de los barcos estadounidenses incluyen aquellas de dos cerqueros fletados parte del año a una compañía ecuatoriana y la de seis cerqueros fletados durante parte del año o todo el año a una compañía venezolana. Canadá que tenía un barco pescando en el ARCAA en 1984 y ninguno en 1985, es el único país cuya captura se redujo 1,000 toneladas o más.

En la Tabla 2 se presentan también los descargues anuales por país. Los descargues son las cantidades de peces descargadas durante un año civil, omitiendo el año de captura. El país de descargue es aquel en que se descargaron los peces o en el caso de trasbordos, el país que recibió los peces trasbordados.

La distribución geográfica de las capturas registradas de atún aleta amarilla en 1985, obtenidas por barcos cerqueros en el Océano Pacífico oriental se presentan en la Figura 2. Las capturas se concentraron en la parte central del ARCAA y alrededor de los 10°N, al oeste del ARCAA. El número de zonas de un grado que produjeron 500 o más toneladas registradas de aleta amarilla en 1985, fue cerca de 123, comparado con 58 en 1984, 29 en 1983 y 32 en 1982.

En la Figura 3 se presenta la distribución geográfica de la captura registrada de barrilete por cerqueros en 1985. Las capturas se concentraron entre los 8°N

y los 4°S de latitud. Las capturas al norte cerca a los 10°N fueron probablemente las más bajas que se hayan obtenido desde los primeros años cuando se estaba incrementando la pesca.

Bajo los términos del convenio mediante el cual se estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo principal de investigación de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas en el Océano Pacífico oriental. Si se consideran los hábitos migratorios de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de varias naciones y la naturaleza internacional del negocio atunero, se deben examinar las estadísticas de la captura y el esfuerzo bajo el punto de vista de las estadísticas mundiales.

El personal de la Comisión estima rutinariamente las capturas mundiales de los atunes y especies afines. En el Informe Interno 11 de la CIAT se describe la metodología para obtener las estimaciones. Las capturas mundiales estimadas de los atunes y especies afines de 1984, el año más reciente del que se tienen datos, se presentan en las Figuras 4 y 5. En la Figura 6, aparece por océano, una vista general de las capturas de las especies de atunes comercialmente importantes, correspondientes a 1975-1984.

## LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene archivos sobre las artes, bandera y capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan aleta amarilla, barrilete o atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental. No se tienen archivos de barcos individuales palangreros, de barcos pesqueros de deporte o de canoas y otras embarcaciones pequeñas.

Con el fin de poder estimar el esfuerzo normal de pesca las embarcaciones se clasifican por clase de arqueado, basados en la capacidad de acarreo, en la siguiente forma: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51-100 toneladas; clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas y clase 6, más de 400 toneladas. (Estas no se deben confundir con las 10 clases de arqueado usadas para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo (página 100)). Se examinan anualmente los registros de descargue de cada embarcación y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. En las embarcaciones nuevas se emplean los cálculos de la capacidad de acarreo de los armadores y propietarios. Las embarcaciones que se van a pique o abandonan la pesca después de haber pescado durante el año se incluyen en la flota de ese año. Las embarcaciones que cambian de pabellón se enumeran bajo la nueva bandera si iniciaron en ese año por lo menos un viaje bajo ese pabellón.

En la Tabla 3 se presenta el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional epipelágica que pescó en el Océano Pacífico oriental cada año entre 1965 y 1985, junto con el cambio en la capacidad de acarreo del año anterior.

Debido a la construcción de nuevos cerqueros de gran porte, la capacidad de la flota aumentó de 46,253 toneladas en 1967 a 184,864 toneladas en 1976. Desde 1977 hasta 1981, la capacidad de la flota permaneció bastante estable, con una

ganancia neta de 4,562 toneladas. Durante este período continuó la construcción de barcos, pero la capacidad agregada se compensó por pérdidas debidas a barcos que se retiraron de la pesca. En 1982, la capacidad de la flota se redujo en unas 16,307 toneladas, a causa de que algunas embarcaciones se fueron a pescar a otras zonas, especialmente al Pacífico occidental y a barcos inactivos. En 1983, continuó esta tendencia y la capacidad de la flota se redujo en unas 28,900 toneladas. En 1984, la flota perdió otras 25,317 toneladas. La capacidad de la flota de 116,362 toneladas en 1984, fue la más baja desde 1971. Sin embargo, en 1985, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, la capacidad aumentó a 129,499 toneladas.

En la Tabla 4, se presenta el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica del Pacífico oriental en 1985, por bandera, arte y clase de arqueo. En términos de capacidad, la flota en 1985, estuvo formada el 98.1% por embarcaciones cerqueras, 1.9% por embarcaciones de carnada y menos del 0.1% barcos con curricán. En términos del número de barcos, los cerqueros formaron el 86.9%, los de carnada el 12.6% y los barcos con curricán el 0.5% de la flota.

En 1985, participaron en la pesca epipelágica del Pacífico oriental embarcaciones de 13 naciones (las 10 en la Tabla 4 más Colombia, Japón y Perú que obtuvieron capturas en barcos de los que la Comisión no obtuvo registros). En 1984, Canadá tenía un barco en la flota, pero este cambió su pabellón por el del Ecuador en 1985. Además en 1985, dos cerqueros abanderados en Vanuatu pescaron en el ARCAA. De los países que tuvieron barcos en la pesca tanto en 1984 como 1985, las flotas de Ecuador, México, Panamá y Venezuela aumentaron en capacidad y las flotas de las Islas Caimán y los EEUU perdieron capacidad en 1985. La flota total tuvo una pérdida neta de 16 barcos, pero ganó 13,137 toneladas de capacidad de acarreo en 1985. La flota de México fue la que tuvo el mayor incremento en 1985, agregando 11 barcos y 10,243 toneladas de capacidad. En 1985, se registraron los siguientes cambios en los cerqueros de la clase 6 de arqueo que pescan en el ARCAA: cuatro barcos inactivos (4,318 toneladas de capacidad) volvieron a entrar en la flota, ocho barcos (9,728 toneladas de capacidad) se unieron a la flota por primera vez, seis barcos (6,047 toneladas de capacidad) que habían pescado durante 1984, estuvieron inactivos, un barco dejó la flota del Pacífico oriental para unirse a la flota del Pacífico occidental, siete barcos (8,313 toneladas de capacidad) volvieron de nuevo a entrar en la flota del ARCAA después de pescar en el Pacífico occidental o el Atlántico y cinco barcos (3,437 toneladas de capacidad) zozobraron.

## INVESTIGACION EN 1985

### ABUNDANCIA DE ATUNES Y RESULTADOS DE PESCA

#### *Orientación anual de la captura por día normal de pesca*

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día normal de pesca (CPDNP) como un índice de la abundancia relativa y aparente del aleta amarilla

y barrilete, y también, como un índice relativo del éxito de pesca. La CPDNP se estima por los datos de bitácora obtenidos en la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. Los cambios temporales y geográficos de la vulnerabilidad de los peces con respecto a la captura como también la variabilidad en la distribución del esfuerzo pesquero afectan la CPDNP. Se pueden calcular y corregir algunos de estos cambios y se supone que otros se compensan a la larga. Desde el comienzo de la década de 1960, la mayor parte del aleta amarilla y barrilete ha sido capturada por embarcaciones con redes de cerco; así que la CPDNP de estas embarcaciones sirve como índice principal en el análisis de los cambios en la abundancia relativa y aparente.

Las estimaciones anuales de la CPDNP, en unidades de la clase 6 de arqueo de los barcos, en 1960-1985, se presentan en la Figura 7 para el aleta amarilla del ARCAA (recuadro superior) y el barrilete al este de los 150°W en el Océano Pacífico (recuadro inferior). Los valores de 1985 son preliminares.

#### ***La CPDNP de atún aleta amarilla***

Antes de 1966, y desde 1980 hasta 1985, no hubo restricciones en la captura del atún aleta amarilla en el ARCAA y se emplearon todos los registros de los cuadernos de bitácora de barcos que llenan ciertos requisitos acerca de la composición de especies y precisión de los datos para calcular la CPDNP. Desde 1966 hasta 1980, cuando las reglamentaciones estuvieron vigentes, se emplearon solo datos de viajes sin reglamentar con este propósito.

La CPDNP anual llegó a su máximo en 1960, en la época en que por primera vez las redes de cerco fueron el método predominante de pesca. La CPDNP se redujo fuertemente en 1961 y continuó disminuyendo en 1962, reduciéndose en ese entonces el índice a menos de la mitad del valor de 1960. Permaneció aproximadamente al mismo nivel en 1963. La CPDNP aumentó en 1964, pero se redujo en 1965, llegando aproximadamente al mismo nivel de 1962-1963. En 1966 la CPDNP ascendió moderadamente y luego se incrementó fuertemente en 1967 y 1968, a medida que la pesca se extendía mar afuera. Sin embargo, no recobró el nivel de 1960. La CPDNP se redujo algo en 1969 y 1970, le siguió a esto una fuerte reducción en 1971, cuando el índice se redujo casi al nivel de 1966. En 1972, la CPDNP ascendió, recobrando nuevamente la mayoría de la pérdida del año anterior. Sin embargo, después de 1972, la CPDNP empezó otra vez a reducirse fuertemente, descendiendo de 17.0 a 4.4 toneladas diarias en 1980. La CPDNP aumentó algo en 1981, volviendo luego en 1982, a reducirse al nivel de 1980. En 1983 la CPDNP se incrementó un poco y luego en 1984 y 1985 aumentó fuertemente. La estimación preliminar de la CPDNP en 1985, (11.2 toneladas diarias) es el valor más elevado desde 1973.

#### ***La CPDNP de barrilete***

La CPDNP del barrilete no ha demostrado ninguna tendencia a largo plazo. El índice más elevado se obtuvo en 1967 (10.1 toneladas diarias) y el más bajo en 1960 (1.3 toneladas diarias) cuando la mayor parte del esfuerzo fue aplicado al aleta amarilla. Se obtuvieron otros índices elevados en 1963 (6.1), 1971 (6.1)

y 1978 (5.4). Los índices bajos se obtuvieron en 1972 (1.6) y 1973 (1.8). La CPDNP ha sido bastante constante desde 1979, fluctuando entre 3.0 y 4.1 toneladas diarias. La estimación preliminar de 1985 de la CPDNP es de 3.3 toneladas diarias.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) sirve como un índice para examinar los cambios relativos a las ganancias brutas de un año a otro de las diferentes capacidades de los barcos. La CPTCA de un grupo de barcos es la captura total en todas las zonas de pesca, dividida por el tonelaje total de la capacidad de acarreo. Cada año se calcula la CPTCA de cada especie capturada y de todas las especies combinadas correspondiente a todos los cerqueros que tienen más de 101 toneladas de capacidad de acarreo y que han pescado en el ARCAA. Con este propósito se han clasificado las embarcaciones de acuerdo a la clase de arqueo como sigue: clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas; clase 6, 401-600 toneladas; clase 7, 601-800 toneladas; clase 8, 801-1000 toneladas; clase 9, 1001-1200 toneladas; clase 10, más de 1201 toneladas. (Estas no deben confundirse con las seis clases de arqueo usadas para estimar el esfuerzo normalizado de pesca (página 97)).

En la Tabla 5 se presenta la CPTCA de 1974-1985, por clase de arqueo y por todas las clases combinadas de arqueo, de atún aleta amarilla, barrilete, otras especies y todas las especies combinadas. Los valores de 1985 son preliminares. Las "otras especies" incluyen patudo, atún aleta azul, bonito, albacora, barrilete negro y pequeñas cantidades de otras tres o cuatro especies. La captura de otras especies forma, en algunos años, una porción importante de la captura total de las embarcaciones de la clase 3, 4 y 5, pero no contribuye demasiado a la captura de las embarcaciones de gran porte.

Entre 1976 y 1980, la CPTCA del aleta amarilla de todas las clases combinadas de arqueo, se redujo de 1.56 a 0.96. En 1981, aumentó a 1.22 pero luego se redujo en 1982, aproximadamente al nivel de 1980, y en 1983 permaneció casi igual. En 1984, aumentó a 1.53 y en 1985 el valor preliminar fue 1.97, el más elevado desde 1972. Durante el período de 1976-1985, la CPTCA de barrilete, de todas las clases combinadas de acarreo, ha fluctuado de un valor elevado de 1.11 en 1978, a uno mínimo de 0.50 en 1985. Entre 1976 y 1982, la CPTCA de todas las especies y clases combinadas de arqueo, se redujo de 2.58 a 1.65. En 1983, aumentó a 1.89 y en 1984 ascendió a 2.40. El valor preliminar en 1985 (2.53), es el más elevado desde 1976. En 1985, la CPTCA de aleta amarilla fue más elevada para la clase 9 (2.13) y más baja para la clase 5 (1.13). La CPTCA de barrilete fue más elevada para la clase 4 (2.88) y más baja para la clase 8 (0.16). Referente a todas las especies combinadas la clase 4 (5.06) fue la más elevada y la clase 8 (1.80) fue la más baja.

### ***Normalización de los índices de captura del aleta amarilla***

El Boletín 18, No. 4 de la CIAT, describe otra opción con referencia a la captura por día de pesca como un índice de la abundancia del aleta amarilla. Con el índice opcional, se definió el esfuerzo de pesca como el tiempo transcurrido de búsqueda entre los lances positivos consecutivos, y se empleó un modelo lineal generalizado



para estimar la variación anual de los índices de captura independientes de las cambios en la eficacia de los barcos, de las condiciones ambientales y las modas de pesca. El modelo incluía los factores de la eficacia del barco, capacidad (0-499 toneladas, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), velocidad, longitud y altura de la red, si se disponía o no de ayuda aérea; las variables ambientales, temperatura superficial del mar (TSM), TSM al cuadrado y al cubo y modas de pesca, "delfines" y "cardúmenes con objetos flotantes" (troncos). Se mejoró recientemente el método (1) al eliminar los efectos de la latitud y de la captura de barrilete sobre el índice de captura del aleta amarilla y (2) al excluir la pesca sobre objetos flotantes, que se encontró sesgaba el índice.

Después de eliminar los lances sobre objetos flotantes se consideró cada viaje de pesca en cada mes-cuadrángulo de  $5^\circ$  como una observación individual. Los meses-cuadrángulos de  $5^\circ$  fueron clasificados como "estratos de delfines" si  $\frac{2}{3}$  o más de la captura de aleta amarilla y barrilete provenía de cardúmenes asociados con delfines o estratos de "cardúmenes de peces" si  $\frac{2}{3}$  o más de la captura provenía de cardúmenes no asociados con delfines. Las modas de pesca de los barcos se clasificaron aún más en una o dos categorías, de acuerdo a si el barco había o no capturado algún barrilete en el mes-cuadrángulo de  $5^\circ$ . De manera que las tres modas de pesca en este modelo son (1) "moda con delfines" correspondiente a barcos que pescan en estratos con delfines, (2) "moda con cardúmenes puros de aleta amarilla" referente a barcos que pescan cardúmenes puros y que no capturan barrilete y (3) "moda con cardúmenes de aleta amarilla y barrilete" de barcos que pescan en estratos de cardúmenes de peces y capturan barrilete.

Las tres divisiones latitudinales que mejoraron más el modelo fueron (1) al norte de los  $20^\circ\text{N}$ , (2) entre la zona ecuatorial y los  $20^\circ\text{N}$  y (3) al sur de la zona ecuatorial. Las interacciones significativas ( $\alpha = 0.001$ ) con la latitud fueron la moda de pesca y la TSM, siendo esta última más importante. Se encontró que el índice de captura aumentaba al ascender las TSM al norte de los  $20^\circ\text{N}$  y disminuía al ascender las TSM al sur del ecuador, entre los límites de las TSM observadas en las zonas respectivas. La relación entre el índice de captura y la TSM entre el ecuador y los  $20^\circ\text{N}$  no fue significativa.

Cuando se agregaron al modelo los efectos que tuvieron la latitud y el barrilete sobre los índices de captura del aleta amarilla, llegaron a ser insignificantes los siguientes factores considerados anteriormente importantes: la TSM al cuadrado, la TSM al cubo, la longitud y altura de la red. Además, la magnitud del efecto de la interacción entre los años y las modas de pesca fue pequeña en comparación a los resultados principales; por consiguiente, se puede ignorar la interacción y obtenerse un índice individual de abundancia que abarque todas las modas de pesca en el ARCAA. En la Tabla 6, usando los datos de 1970 a 1985, se presentan los factores que han tenido un efecto significativo ( $\alpha = 0.001$ ) en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla en el ARCAA.

El índice de captura, utilizado como índice de la abundancia (Figura 8) indica un período de reducción desde 1970 a 1982, seguido por un fuerte ascenso desde 1983 hasta 1985. La estimación de 1985, es la más elevada desde 1974; sin

embargo, esto es provisional, ya que los datos de 1985, no están completos. El índice estimado de reducción de la abundancia del aleta amarilla de 1970 a 1982, es más gradual en este modelo que los índices de la proporción de captura que consideran los lances sobre objetos flotantes del mismo modo que los lances sobre cardúmenes de peces. En este modelo, como se mencionó anteriormente, se ha eliminado el esfuerzo y la captura obtenida en la pesca sobre objetos flotantes, con el fin de suprimir el sesgo que se presenta debido a que la pesca sobre objetos flotantes, que produce índices más bajos de captura, ha aumentado.

Desafortunadamente, este método fue arreglado de acuerdo a los recursos de la computadora disponibles en ese tiempo. La computadora y los programas que se tienen ahora, permiten obtener un provecho total del método y de los datos de bitácora para obtener estimados de la abundancia que se cree son considerablemente mejores que aquellos obtenidos con los métodos usados en el Vol. 18, No. 4. Por ejemplo, se pueden explorar y exhibir ahora los datos en una forma que no era posible anteriormente. Las grandes subseries de datos pueden usarse en análisis exploratorios y se pueden emplear más categorías en el modelo lineal. Además, se tienen programas para ponderar los modelos lineales y se ha ampliado un programa estadístico para construir modelos lineales con el fin de aprovechar la memoria más grande de la computadora. Por esta y otras razones, se ha modificado el método de la normalización de los índices de captura en 1985 y se continuará este trabajo en 1986.

## BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS

### *Composición de talla en la captura de 1985*

Los datos frecuencia-talla de las muestras de aleta amarilla, barrilete, patudo, atún aleta azul y barrilete negro de las capturas de cerqueros y barcos de carnada obtenidas en el Océano Pacífico oriental, son recolectados por el personal de la Comisión en los puertos de descargue de Ecuador, EEUU (California y Puerto Rico) México, Panamá, Perú y Venezuela. Las capturas de aleta amarilla y barrilete se muestrearon por primera vez en 1954 y el muestreo ha continuado cada año hasta ahora. La información obtenida según las muestras frecuencia-longitud ha sido empleada por la Comisión en las estimaciones de crecimiento, mortalidad, rendimiento por recluta y abundancia de una generación. Los resultados de estos estudios han sido publicados en varios boletines e informes anuales. En 1985, se recolectaron y procesaron unas 550 muestras (cada una de 50 peces) de aleta amarilla, 170 de barrilete, 24 de patudo y 59 de atún aleta azul. La cantidad de muestras recolectadas de aleta amarilla fue más o menos normal comparada con la de los últimos años, pero la cantidad de muestras de barrilete fue menos de la mitad de la cantidad normal correspondiente al período de 1980-1984. Esto se debió principalmente a que hubo menos demanda de barrilete en 1985 y muchos de los barcos descargaron menos o ningún barrilete. En 1986, se obtendrán otras muestras de captura de 1985, a medida que continúa la descarga de los barcos que pescaron en 1985.

Las muestras tanto de aleta amarilla como barrilete se agrupan por zonas de

medición (Figura 9), trimestres del año y arte. Se han aplicado a los datos de 1982-1986, dos métodos para estimar la composición de talla en cada estrato, denominados métodos ponderados y sin ponderar. En informes anuales anteriores se han informado solamente las estimaciones sin ponderar de la composición de talla y el promedio del peso. Se incluye ahora el método ponderado, ya que debe representar más acertadamente la talla de los peces capturados.

En el método sin ponderar se le da a cada muestra en un estrato un peso igual y se calcula el peso promedio estimado de los peces muestreados en ese estrato, usando la cantidad total de peces muestreados de cada intervalo de talla (2 cm para el aleta amarilla y 1 cm para el barrilete) y una relación talla-peso de cada especie. Luego, se obtiene en cada estrato, la cantidad total de peces de cada intervalo de talla al dividir el peso total en el estrato (como se informa en los datos de bitácora) por el peso promedio estimado de los peces muestreados y se multiplica luego ese cociente por la fracción de la muestra del estrato de ese grupo de talla. Se agregan luego los datos de todos los estratos muestreados para obtener los totales del período del informe trimestral.

El método ponderado se diferencia en que cada muestra es ponderada de acuerdo a la cantidad estimada de peces en la unidad muestreada (comúnmente una bodega o un par de bodegas). Se obtienen luego las estimaciones del peso promedio de los peces muestreados y la cantidad total de peces de cada intervalo de talla en cada unidad muestreada, por un método similar al empleado para el peso promedio en el estrato y los totales del método sin ponderar. Se obtienen luego los valores del estrato al agregar los valores de todas las unidades muestreadas en el estrato y al incrementarlas con relación a la captura total registrada en el estrato. Se agregan luego los datos de todos los estratos como en el método sin ponderar.

En la Figura 10 se presenta el porcentaje ponderado y sin ponderar de las distribuciones frecuencia-talla de los peces muestreados en la captura de 1985. Las estimaciones ponderadas cambian constantemente las distribuciones hacia la izquierda (a las tallas más pequeñas) y producen estimaciones inferiores del peso promedio. Las distribuciones ponderadas y sin ponderar del aleta amarilla se diferencian más en el ARCAA, donde existe un rango mayor de talla y una proporción más grande de peces pequeños en la captura que en la zona entre el borde del ARCAA y los 150°W. Las diferencias entre las distribuciones ponderadas y sin ponderar del barrilete son menos pronunciadas que las del aleta amarilla debido a los rangos más pequeños de talla del barrilete (unos 40 cm para el barrilete en oposición a unos 130 cm del aleta amarilla en el ARCAA y 120 cm para esta especie entre el límite del ARCAA y los 150°W).

Los histogramas en los que se indica el tonelaje estimado de aleta amarilla capturado por intervalos de 2-cm, basados en las capturas registradas en el ARCAA en 1980-1985, se presentan en las Figuras 11 (ponderada) y 12 (sin ponderar). La estimación preliminar sin ponderar del peso promedio en 1985, 47.5 libras (21.5 kg), es la más elevada que se haya registrado en cualquier año desde que se inició el programa de muestreo. La estimación preliminar ponderada en 1985, 35.9 libras

(16.3 kg), es superior a cualquier otra estimación ponderada y ha sido excedida solamente por las estimaciones sin ponderar de 1972 (37.8 libras o 17.1 kg) y 1985. Es evidente según las Figuras 11 y 12 que el promedio elevado de talla en 1985, no se debió a una proporción inusualmente elevada de peces grandes en la captura, pero a la proporción relativamente pequeña de peces pequeños en la captura. El peso total de peces de menos de 80 cm en talla fue inferior al de cualquier otro año del período 1980-1985 y el de los peces entre 90 y 150 cm fue superior al de cualquiera de los años anteriores.

Los histogramas que indican el tonelaje estimado de aleta amarilla capturado por intervalos de 2 cm, basado en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental entre el límite del ARCAA y los 150°W en 1980-1985, se presentan en la Figura 13 (ponderada) y en la Figura 14 (sin ponderar). En 1985, como en todos los años anteriores, el promedio de talla del aleta amarilla en esta zona fue superior al del ARCAA. Ambas estimaciones del peso promedio en 1985, son algo inferiores a las estimaciones equivalentes de 1984, pero la distribución de talla es bastante similar en los dos años.

Los histogramas que indican el tonelaje estimado de barrilete capturado por intervalos de 1 cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1985, se presentan en la Figura 15 (ponderada) y en la Figura 16 (sin ponderar). Las estimaciones preliminares ponderadas y sin ponderar del peso promedio en 1985, son las más elevadas desde que se inició el programa de muestreo. Es evidente que en 1985, una proporción más pequeña de la captura midió menos de 45 cm y una proporción mayor de la misma midió más de 65 cm que en 1980-1984.

Los histogramas en los que se indica el tonelaje estimado de patudo, capturado por las artes epipelágicas por intervalos de 2 cm en el Pacífico oriental en 1980-1985, se presentan en la Figura 17. La captura epipelágica de patudo es incidental a la del aleta amarilla y barrilete, y la captura total (Tabla 1) y el número de muestras son muy inferiores a las del aleta amarilla y barrilete. No se tienen frecuentemente estimaciones precisas del peso del patudo en las unidades de muestreo; por consiguiente, se presentan solamente las estimaciones sin ponderar de la distribución anual de talla. La distribución de talla del patudo en 1985, es diferente a las de 1980-1984, ya que en 1985, faltaron tanto peces pequeños (menos de 90 cm) como peces grandes (más de 140 cm). En 1985, cerca del 90 por ciento de la distribución se ubica entre los 90 y 140 cm, en cambio en 1980-1984, este porcentaje fluctuó aproximadamente de 66 a 79.

La composición de talla de la captura del atún aleta azul se examina en la sección titulada *Estudios del atún aleta azul*.

#### ***Estudios de migración y de la variación geográfica usando microelementos e isótopos***

Se necesita un conocimiento cabal acerca de la estructura del stock, dispersión y migración de los túnidos. Una de las preocupaciones principales es si una especie determinada consiste de varias subseries biológicas y, si es así, si las diferentes

subseries justifican que se consideren separadamente con fines administrativos. Se han realizado estudios merísticos, morfométricos y genéticos para identificar las unidades de población y se han empleado los datos del marcado junto con los datos del ciclo vital para hacer deducciones referentes a la heterogeneidad de la población. Estos estudios suministran datos útiles de los patrones preliminares del movimiento e indican que existe una heterogeneidad considerable dentro de las especies, pero no proveen suficientes detalles como para seleccionar esquemas óptimos administrativos.

Las investigaciones aquí descritas que usan la variabilidad en los componentes químicos de las partes duras de los peces, como son las vértebras y las espinas (una forma de registro ecológico) evitan muchos de los problemas encontrados cuando se usan los métodos tradicionales. Los datos se obtienen al analizar los patrones químicos en puntos especiales de las partes duras individuales de peces de talla conocida capturados en fechas y lugares conocidos.

El primer estudio realizado incluyó una comparación del aleta amarilla capturado en diferentes localidades del Pacífico oriental. Los resultados se compendian en el informe anual de la CIAT de 1980. Este estudio piloto demostró que se puede distinguir el aleta amarilla juvenil de la parte norte y sur del ARCAA, basados en las diferencias de los componentes químicos de las espinas. Los resultados de este estudio, llevado a cabo en la Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia, Canadá, usando el equipo existente, fueron prometedores, así que se decidió crear un equipo conveniente para usarlo en estudios de mayor escala.

El trabajo siguiente fue orientado a idear un sistema electrónico para representar la composición química de las partes duras y explorar aún más las diversas clases de datos ecológicos útiles que se pudieran obtener. El primer requisito fue idear y montar el equipo necesario para representar la composición química del corte transversal de tejido de menos de 1 mm en diámetro y colocarlo en un lugar donde pudieran realizarse estudios a largo plazo. El segundo requisito fue aplicar la tecnología directamente al estudio de mezcla. La creación y construcción del equipo se llevó a cabo en la Universidad de Princeton, Princeton, New Jersey, EEUU y en el California Institute of Technology, Pasadena, California, EEUU. La mayoría de los gastos fueron asimilados por concesiones del U.S. National Science Foundation.

El primer empleo en completa escala de la variación química como una forma de marca natural de los atunes, se llevó a cabo en el aleta azul del Atlántico. Los objetivos fueron determinar si los aleta azul adultos y juveniles de diferentes partes del Atlántico podían distinguirse según el patrón de los componentes químicos de las partes duras y, si fue así utilizar estos patrones químicos para calcular la frecuencia de los desplazamientos transatlánticos. Este estudio se realizó mediante un contrato con el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU. Los resultados del estudio se describen detalladamente en el informe anual de la CIAT de 1984. Estos suministraron información útil sobre la frecuencia de los desplazamientos transatlánticos de diferentes grupos de edad y al hacerlo indicaron la clase de datos que pueden obtenerse del análisis químico de las partes duras.

Los estudios llevados a cabo durante la primera parte del año se refirieron principalmente a preguntas sobre la exactitud y repetibilidad (es decir, si fuera posible repetir los experimentos con los mismos resultados). Las diferencias químicas encontradas entre los aleta azul adultos y juveniles del Atlántico oriental y occidental, se emplearon para estimar la frecuencia de los desplazamientos trasatlánticos, pero queda la duda sobre la exactitud. Aunque los resultados de este estudio son apoyados por los escasos datos del mercado, las técnicas usadas son nuevas y los resultados no son familiares. Por consiguiente, se ha dedicado un trabajo considerable a la tarea de idear un método independiente para estimar la mezcla usando las mismas muestras.

Uno de los métodos utilizado para verificar los resultados incluyó calcular la razón de los isótopos de oxígeno en las vértebras. La razón de la concentración de oxígeno (masa 18), con relación al oxígeno (masa 16), se diferencia de acuerdo a tales factores como son la temperatura y salinidad del agua cuando se combinó el oxígeno con los compuestos de calcio en los huesos. Se espera que las vértebras del aleta azul originado en el Golfo de México, donde las aguas son cálidas, tengan relativamente más del isótopo pesado de oxígeno que aquellos originados en el Mar Mediterráneo. Los métodos incluyen irradiar el mismo punto en la misma vértebra empleada en los estudios de los rayos X, es decir, la porción formada durante el primer invierno. Se examinaron varias técnicas nuevas. La más sencilla incluía hacer modificaciones temporales en el equipo existente. Se irradiaron pequeñas series de atunes azules juveniles de cada lado del Atlántico y, como se esperaba, se encontró que los peces capturados en el Atlántico occidental tenían concentraciones mayores del isótopo pesado que aquellos del Atlántico oriental. Estos resultados fueron presentados en informes anuales anteriores de la CIAT. Aunque estos datos son en parte, una verificación, es necesario aplicar una prueba independiente a los individuos identificados como emigrantes y esta es una labor mucho más difícil. Una cosa es demostrar las diferencias que existen entre las muestras orientales y occidentales y que estas diferencias se encuentran en la dirección pronosticada, y otra establecer con menos del 5 por ciento de duda que un pez se originó en una de las dos zonas de desove.

Se modificaron las técnicas para mejorar la resolución y la repetición, pero sigue siendo imposible suministrar medidas con menos del 1 por ciento de error de las concentraciones de los isótopos. Aunque ambos isótopos fueron medidos simultáneamente, se emplearon diferentes detectores y dispositivos electrónicos para contar las partículas, y el ruido de los dos sistemas demostró ser aditivo. Se ideó un segundo método más directo, para medir la concentración de ambos isótopos, se construyó una nueva cámara de objetivo y se montó el equipo electrónico. Las pruebas preliminares fueron alentadoras, ya que se identificaron y calcularon fácilmente los isótopos de varios elementos químicos. Como ambos isótopos de oxígeno son determinados por el mismo equipo, se eliminan muchos de los problemas inherentes al primer método. Se siguen elaborando los métodos y como los métodos utilizados destruyen las muestras de las partes duras, se ha aplazado la labor de irradiar cada ejemplar hasta que se termine con la modificación. Aunque no se han refinado completamente los métodos, las pruebas realizadas

hasta ahora indican que han de tener muchas aplicaciones.

Se han preparado dos informes describiendo el trabajo. El primero es un informe detallado de fin de año entregado al NMFS. Este informe describe los resultados de los estudios realizados en una segunda serie de atunes aleta azul adultos obtenidos en el Atlántico oriental y occidental. Se incluyen también los resultados de un reanálisis de todas las muestras obtenidas durante los dos programas de muestreo. El segundo informe que será pronto publicado por la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, reúne todos los resultados obtenidos durante el curso del estudio y todas las conclusiones derivadas según esos resultados.

Los resultados del estudio piloto hecho sobre el aleta amarilla y los estudios emprendidos sobre el aleta azul del Atlántico demostraron la manera en que se pueden obtener datos útiles ecológicos de las partes duras de peces individuales. Se consideraron dos estudios nuevos en el Pacífico oriental, el primero trata de la emigración e inmigración del barrilete dentro y fuera del ARCAA y el segundo del crecimiento del aleta amarilla. Se ha emprendido ahora solamente el primer proyecto.

Las estadísticas dadas en otra parte en éste y en informes anuales previos, indican que el barrilete forma una porción substancial de la captura total de atunes en el Pacífico oriental. La administración del barrilete se hace más difícil a causa de que se cree que son solamente residentes temporales en el Pacífico oriental, desplazándose los jóvenes del Pacífico central al oriental, permaneciendo varios meses y regresando luego al Pacífico central a desovar. Así que los factores ambientales y la pesca fuera de la zona del Pacífico oriental afecta la pesca positiva en la zona tanto a largo plazo como a corto plazo. Esto último no ha sido una preocupación en el pasado, pero la pesca de barrilete se ha incrementado en el Pacífico central y occidental, así que es necesario localizar con más precisión las zonas principales de desove del barrilete del Pacífico oriental y obtener más conocimiento acerca del desplazamiento de los adultos.

En este año la Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer de Francia (ORSTOM) y la CIAT iniciaron un programa conjunto de investigación, cuyo objetivo es obtener más conocimiento acerca de la relación que existe entre el barrilete capturado en el Pacífico oriental y central. Lo mismo que con el estudio del aleta azul, se empleará la composición química de las vértebras para calcular la cantidad de mezcla entre estas regiones. Ya se ha iniciado el muestreo en la Polinesia Francesa, Hawai y el Pacífico oriental.

### ***La pesca palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental***

El Sr. Naozumi Miyabe del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), Shimizu, Japón, regresó a fines de septiembre después de haber estado un año con los científicos de la CIAT, analizando los datos de la pesca palangrera japonesa en el Océano Pacífico al este de los 150°W. Se ha concluido el primer borrador de un informe referente a estos estudios, el que abarca el período de 1971-1980. El período abarcado desde 1956 a 1970, se encuentra en estudios anteriores

(Boletines de la CIAT, 9 (6), 10 (4), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2); Boletín 2 del FSFRL: 115-162).

Los informes anteriores tratan solamente de la pesca al este de los 130°W, pero el informe actual se extiende hasta los 150°W. Parece apropiado abarcar hasta los 150°W, ya que coincide con el límite occidental de la pesca epipelágica del Pacífico oriental, la que desde 1970, se ha extendido al oeste. Además, la zona más extensa facilita el estudio del patudo que es la especie más importante capturada por la pesca palangrera en el Pacífico oriental.

Han ocurrido varios cambios en la pesca palangrera en el Pacífico oriental durante el período de 1971-1980. En 1963-1975, el esfuerzo de pesca permaneció virtualmente nivelado, de 70 a 100 millones de anzuelos, pero en 1976-1978, aumentó a unos 140 millones de anzuelos y permaneció a este nivel durante 1979-1980. La captura total también se incrementó durante 1971-1980, pero no tanto como el esfuerzo. El porcentaje de las capturas de patudo aumentó, en cambio el de otras especies permaneció casi igual o se redujo. Esto se debió en parte, a que se concentró más esfuerzo en la región ecuatorial y al empleo de "palangres profundos", que capturan más patudo y menos peces de algunas otras especies.

Como en el caso de informes anteriores de esta serie, se examinó con referencia a cada especie, la distribución temporal y espacial del esfuerzo de pesca, captura, abundancia aparente, madurez sexual y talla. Además, se describió brevemente el método palangrero profundo y se comparó el índice de captura por anzuelo de este arte con el del arte convencional palangrero. Se emprendió además un análisis de la acción recíproca entre la pesca epipelágica y palangrera del aleta amarilla.

### ***Estudios de la alimentación del aleta amarilla***

El aleta amarilla tiene una acción recíproca con muchas otras especies en el océano. Tal vez la forma más directa de interacción es la depredación. Los cambios tanto drásticos como tal vez también leves en la abundancia de la presa pueden afectar el crecimiento, fecundidad y la mortalidad del aleta amarilla, o pueden afectar individualmente cualquiera de estos tres factores.

El examen del contenido estomacal de los peces en la captura comercial, indica que los aleta amarilla pueden distinguirse como animales oportunistas. Con el fin de obtener datos útiles para los estudios energéticos, que puedan a la vez contribuir al análisis de la evaluación del stock, es necesario determinar qué tan rápidamente digieren cada presa, ya que a veces se subestiman los alimentos digeridos rápidamente en los estómagos.

Se llevó a cabo una serie de experimentos en Kewalo Basin (Hawai) en los que después de observar atunes aleta amarilla ingerir cantidades conocidas de presa, se mataron a intervalos calculados y se determinó la proporción de alimento que aún permanecía en los estómagos. Al usar tales datos, la práctica aceptada es ajustar una función exponencial ya que: (1) nunca pronostica cantidades negativas de alimento en los estómagos; (2) es fisiológicamente razonable y (3) es matemáticamente conveniente. La función exponencial fue la primera ajustada a estos datos. Sin embargo, se observó que los residuales indicaban un sesgo, el



que aumentó con el transcurso del tiempo después de la alimentación.

Parece que un modelo lineal sirvió mejor en los intervalos más cortos. Si se supone por ahora que el modelo apropiado es lineal en los intervalos más cortos y cero después de que la línea del eje intersecta el eje x, luego cumple el punto (1) anterior. Los individuos con una digestión más rápida alcanzarían cero más pronto. La única información que ofrecen las muestras con estómagos vacíos es que la digestión no duró más que el período de la alimentación. Los datos se encuentran sesgados en cuanto a los intervalos más prolongados debido a que las desviaciones altamente negativas se encuentran afectadas por la restricción de que cero es el mínimo. Se realizó una serie de simulaciones en la computadora para investigar este fenómeno. Se encontró que el sesgo era independiente del gradiente de la función y de la cantidad simulada de datos. La varianza del gradiente estimado de la función pareció ser sensitiva a esto último pero no a lo primero. Para evitar este problema se censuraron los datos correspondientes al período después del tiempo  $t_B$ , cuando se creyó que era significativa la probabilidad de la evacuación completa (Figura 18).

Sería apropiado un modelo exponencial para el alimento restante en el estómago, si se digiere el alimento a una rapidez proporcional a la cantidad total de alimento restante en el estómago en ese momento. Se deriva otra función, es decir, el modelo del área superficial o de la raíz cuadrada, con una justificación diferente fisiológica, basada en el razonamiento de que la digestión es proporcional al área superficial y a la suposición de que la forma de cualquier artículo alimenticio no cambia significativamente a medida que disminuye. El modelo lineal necesita algún razonamiento fisiológico, ya que el hecho de que provee un mejor ajuste podría deberse a una aberración estadística. El modelo del área superficial supone que el fluido digestivo es ilimitado. Si se supone en cambio que el modelo o algún componente necesario de él, se ha degradado a una rapidez proporcional a la digestión y que existe una secreción constante de fluido fresco durante la digestión, entonces es posible obtener una función cuasilineal en cuanto a la proporción restante de alimento.

La tercera justificación de la función exponencial radica (1) en el hecho que tiene la misma forma, ya sea que el alimento restante sea expresado como una cantidad absoluta o una fracción del alimento original y (2) ya sea en uno u otro caso la inclinación es independiente de la cantidad de alimento. Otras funciones son menos convenientes. En cuanto al aleta amarilla la proporción es independiente de la cantidad de alimento, pero el índice absoluto de digestión es proporcional a la cantidad de alimento.

Otras funciones empleadas para describir la cantidad del contenido estomacal después de un intervalo, no son compatibles con el mismo análisis como son el modelo lineal o exponencial. Otro investigador ha concebido otro método que puede usarse en estas funciones. Se ha realizado una comparación de los dos métodos y del caso especial de la función exponencial, la resolución de los índices de alimento que proveen y la resolución de los datos requeridos. Esto se publicará en una revista exterior de prensa junto con otro documento que describe los detalles de la

estimación de la ración diaria del aleta amarilla.

***Edad y crecimiento del aleta amarilla según han sido determinados por los estudios de los otolitos***

En 1985, se concluyó básicamente un estudio acerca del crecimiento del aleta amarilla basado en los incrementos de los otolitos. La base de los datos consiste en cálculos y medidas de 196 aleta amarilla muestreados de barcos cerqueros que pescaron al norte del ecuador y al este de los 137°W en 1977-1979. Los límites de talla de los peces en la muestra fue de 30 a 170 cm, e incluyó machos, hembras y peces de sexo indeterminado. Se formularon ecuaciones para describir el crecimiento. Además, se formularon también ecuaciones con el fin de ayudar en la aplicación del análisis de la cohorte con relación a la captura del aleta amarilla, para pronosticar la edad según medidas utilizables.

Se usó el número de incrementos de uno de los otolitos de cada pez como estimación directa de la edad en días. Ya se ha confirmado esta relación de uno a uno entre los incrementos y días con referencia al aleta amarilla de 40 a 110 cm de longitud (Boletín, Vol. 17, No. 7 de la CIAT) y la evidencia circunstancial ha indicado que la misma relación se aplica a peces de 0 a 40 cm y de 110 a 170 cm. La comprobación se dedujo (1) de los trabajos sobre incrementos comprobados de otras especies durante el primer crecimiento, (2) el conocimiento de que las estructuras identificadas como incrementos diarios en los otolitos del aleta amarilla han sido subsecuentemente comprobados en los otolitos de atunes aleta azul pequeños y (3) la comparación de la curva de crecimiento basada en los incrementos con relación a otros obtenidos según el análisis modal frecuencia-talla. Basados en esta evidencia real y circunstancial, se cree que las edades estimadas en este estudio son las más precisas obtenidas hasta ahora para el aleta amarilla del Pacífico oriental.

Además de la relación del crecimiento derivada según los datos compuestos, la estratificación de la muestra reveló varias fuentes de variabilidad en el crecimiento. En cuanto a los sexos combinados, los peces de las muestras obtenidas en 1977, crecieron de una manera significativamente diferente que aquellos muestreados en 1978. En estudios anteriores se ha descubierto el mismo tipo de variación de un año a otro, basado en el análisis modal frecuencia-talla. Se indicó también en cuanto al sexo combinado y la talla determinada entre 30 y 110 cm que el aleta amarilla capturado cerca a la costa (en 275 millas de la costa) fue mucho más pesado que el capturado mar afuera. Al exceder los 110 cm la situación fue opuesta. Este resultado indica que pueden haber diferencias relacionadas a la talla en la disponibilidad de alimento entre las dos regiones y que esta diferencia puede conducir, a su vez, a un desplazamiento mar afuera a medida que los peces crecen. La idea es apoyada por el hecho de que una proporción mayor de peces grandes es capturada mar afuera que cerca a la costa. Sin embargo, la idea es contradecida por los estudios del marcado (Boletín de la CIAT, Vol. 17, No. 6) que indican que no existen desplazamientos direccionales entre las dos regiones. La fuente final de variabilidad fue la confirmación de que existe dimorfismo sexual en el aleta amarilla del Pacífico oriental. Cuando tienen cerca de un año de edad las hembras

miden 4 cm más que los machos, las curvas de crecimiento de los sexos se cruzan a los 95 cm y a los 3.5 años las hembras miden 6 cm menos que los machos. Este patrón de dimorfismo sexual estuvo también presente en las curvas de crecimiento del peso de los peces y en la extensión de la trayectoria de contaje del otolito.

En la pesca del Pacífico oriental la desaparición de las hembras empieza generalmente en el intervalo de talla de 130 a 140 cm. Esto podría suceder (1) debido a que cuando las hembras crecen más, su crecimiento se reduce fuertemente, (2) se transforman en machos, (3) no son vulnerables a la captura de las artes epipelágicas, (4) se alejan de la zona o (5) asciende grandemente el índice de la mortalidad natural. Este estudio ha eliminado la posibilidad de la reducción en el crecimiento, ya que a los 140 cm el índice de crecimiento de 2.0 cm/mes de las hembras es solo un poco inferior al de los machos (2.4 cm/mes) y no hay acumulación de hembras más viejas de una talla similar después de los 3.5 años. No se ha informado que ocurre hermafroditismo en el aleta amarilla, así que no es probable que las hembras se transformen en machos. Si la desaparición de las hembras se debe a una reducción rápida en la vulnerabilidad con relación a las artes epipelágicas o al desplazamiento, parece que su presencia hubiera sido descubierta por las capturas de las artes palangreras en el Pacífico oriental o por las artes epipelágicas o palangreras del Pacífico occidental o central. Así que parece razonable suponer que la reducción del número de hembras se debe a un aumento en el índice de la mortalidad natural.

### ***Estudios de los primeros estadios del ciclo vital***

Debido a la importancia de comprender el ciclo total de vida de los atunes y a la importancia implícita de estimaciones confiables de la edad de los peces de varias tallas con relación a los modelos estructurados de la edad usados por la CIAT para evaluar el estado de los stocks atuneros en el Pacífico oriental, esta Comisión estableció un laboratorio dedicado principalmente a este propósito. Antes de escoger una localidad en el extremo sur de la Península de Azuero en la Provincia de los Santos en Panamá, se había mirado una gran parte del litoral de la costa de la América Central. Esta localidad adyacente al Océano Pacífico oriental tropical en un lugar donde el desove de barrilete negro es estacionalmente intenso y en donde el perfil de las 100 brazas de profundidad se encuentra tan cerca de la costa como a 6 kilómetros permite, por consiguiente, un acceso fácil a las aguas oceánicas donde se conoce que aparecen atunes aleta amarilla juveniles. La Bahía de Achotines en la que se localiza este sitio, provee un fondeadero resguardado para barcos pequeños y acceso a las aguas claras del océano con temperaturas durante todo el año de 24° y 28°C.

Se compraron 10 hectáreas de terreno en 1983, y se emprendió gradualmente la construcción, proyectando todos los edificios, tanques y otras instalaciones para que armonizaran totalmente con el terreno y el estilo local. Se construyeron cinco edificios pequeños, un laboratorio, un bloque de apartamentos, una caseta para los generadores, una cocina-comedor y un dormitorio que sirviera también como depósito, este último se construyó en 1985. Estas instalaciones se construyeron alrededor del laboratorio, en éste se tienen los tanques para peces y cinco estanques

afuera para poder cultivar cantidades adecuadas tanto de organismos de agua dulce como salada, que sirven como alimento de los atunes juveniles. Los tanques de peces y los estanques tienen entrada de agua de mar los cuales tienen un sistema de recirculación.

El programa de investigación de la CIAT, en Achotines, se concentra en el estudio de los primeros estadios del ciclo vital de los atunes, mediante la evaluación de las fluctuaciones de la abundancia y talla de los atunes juveniles en las aguas costeras del Pacífico frente a Panamá, dedicándose también a la investigación de los factores que afectan el crecimiento de los atunes juveniles. La investigación se encuentra dividida en dos clases, primero, aquella relacionada a la indagación de la de la aparición estacional y comportamiento de los atunes juveniles, relacionándola con la variabilidad geográfica y segundo, aquella referente a determinar el índice de crecimiento de los atunes juveniles y los factores que lo afectan. Se emprenderá esta última haciendo estudios de individuos que se mantendrán durante períodos prolongados en los acuarios. El trabajo realizado hasta ahora se ha concentrado en idear métodos de cómo capturar juveniles (pertinente a ambas fases mencionadas anteriormente) y cómo transportarlos, transferirlos y mantenerlos en los acuarios.

Aunque los medios de investigación en Achotines siguen evolucionando, se ha adelantado considerablemente en las técnicas de captura, manejo y alimentación de los escómbridos juveniles. Se ha determinado que los escómbridos juveniles recolectados de noche, después de ser atraídos con luces brillantes, pueden transferirse vivos a los tanques y mantenerlos allí durante períodos prolongados. El gran abastecimiento de zooplancton, sardinas pequeñas y anchovetas capturadas en aguas locales, junto con el cultivo de *Artemia* y numerosas especies de peces de agua fresca y salobre ha demostrado ser una fuente de alimento, lo que frecuentemente es un factor limitante en el acuicultivo.

Con la terminación a principios de 1986, del nuevo sistema de agua de mar que ha estado bajo construcción desde fines de 1985, se volverá a comenzar con el experimento de mantener atunes juveniles y otros escómbridos. Ahora que se ha terminado con la mayor parte de la organización de la infraestructura y con la construcción necesaria de edificios, los medios de investigación en 1986, serán mucho más sofisticados que los de los experimentos anteriores.

### ***Estudios del atún aleta azul***

#### ***La pesca en 1985***

Se captura atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental cerca a la costa de Baja California y frente a California desde los 23° a los 34°N, obteniéndose la mayoría de la captura entre fines de mayo y mediados de octubre. Las primeras capturas en 1985, se registraron en febrero en el Banco de Cortés (entre los 32° y 33°N). Se capturaron unas pocas toneladas en abril y mayo. Hubo buena pesca en junio, declinó en julio, mejoró en agosto, se redujo nuevamente en septiembre y luego mejoró de nuevo en octubre. La pesca en 1985, fue inusitada, ya que duró a través de noviembre y principios de diciembre.

La estimación preliminar de la captura de aleta azul en 1985, es aproximadamente de 4,392 toneladas. Esta es la captura más elevada que se haya obtenido desde 1979, pero es inferior a la de cada año, correspondiente al período de 1961-1979, con excepción de 1970 (Tabla 1).

Los histogramas en los que se indica el tonelaje estimado de esta especie por intervalos de 2 cm en el Pacífico oriental en 1980-1985, se presentan en la Figura 19. El peso promedio en 1985, de 23.6 libras (10.7 kg), se aproximó al promedio de los últimos años. La distribución de talla en 1985, es similar a la de 1980 y 1983, ya que en esos años hubo en la captura pocos peces que midieran menos de 60 cm o más de 100 cm.

### ***Edad y crecimiento***

La investigación en 1985, consistió principalmente en procesar y examinar las vértebras, los otolitos y analizar los datos.

La Comisión, el Far Seas fisheries Research Laboratory (Shimizu, Japón) y el Nansei Regional Fisheries Research Laboratory (Hiroshima, Japón) han marcado aleta azul en el Japón durante los últimos cinco años. Se recolectaron y procesaron las vértebras de algunos de estos peces que fueron recapturados en el Pacífico oriental y se analizaron los datos para determinar si las estimaciones del número de anillos que se había formado, estaban de acuerdo con las estimaciones de las muestras anteriormente procesadas en el Pacífico oriental y el experimento de oxitetraciclina (OTC). Se estaba formando un anillo en los atunes aleta azul cuando se marcaron en el invierno de 1980 (enero-abril). Cuando se recapturaron estos peces unos 18 meses más tarde, se esperaba el primer anillo, más uno formado en el invierno del segundo año, un total de dos. Los datos se presentan en la Tabla 7. Como los datos de las marcas devueltas están de acuerdo con estas deducciones, parece que cada año se forma un anillo en los aleta azul y las estructuras identificadas en las muestras de los descargues, son en realidad anillos.

Los trabajos anteriores han tratado con la verificación (repetibilidad) de los cálculos de otros lectores. Los análisis anteriores de una serie de datos según las lecturas de dos diferentes personas, indicaron diferencias (Figura 20) en las lecturas de peces de 4 o más años de edad (prueba de correlación de los rangos de Spearman ( $r_s, 0.05(2), 25 = 0.927, P > 0.001$ ). Una repetición del cálculo total (todas las edades) de un científico de la Comisión, quién hizo el análisis original fue significativamente diferente del cálculo total original ( $r_s, 0.05(2), 25 = 0.918, P > 0.001$ ). Sin embargo, como anteriormente, los tres primeros grupos de edad no fueron significativamente diferentes ya sea en uno u otro cálculo ( $r_s, 0.05, 11 = 0.400, 0.50 > P > 0.20$ ). Este hallazgo es importante en cuanto al estudio porque de los 268 peces, 194 (72 por ciento) eran menores de 4 años y parece también que la mayoría de los peces en la captura del Pacífico oriental son menores de 4 años.

Aunque es más difícil leer las vértebras de los peces más viejos, puede que esto se relacione a la técnica de la limpieza y teñida. Cuando se separan las vértebras con un escalpelo se introduce evidentemente alguna clase de error al cortar entre las vértebras. Además, cuando se tiñe la vértebra y los bordes se

secan, es más difícil leer debido a que el borde comparativamente más delgado se reduce. Este no es un problema tan serio en los peces jóvenes (0-3 años), ya que los anillos se encuentran bien separados. Como puede verse en los datos, se pueden cometer más errores a edad más avanzada cuando disminuye la distancia entre los anillos.

Se ha empleado el retrocálculo desde principios del siglo para estimar las tallas de los peces a varias edades, según los anillos que se forman en las partes duras (escamas, huesos, etc.). Siempre ha sido una gran preocupación, usar el modelo correcto. Anteriormente se han emprendido muchos estudios, la mayoría de los cuales utilizan métodos empíricos subjetivos para tratar este problema. Ultimamente, la aplicación del análisis de covarianza ha provisto un método cuantitativo para determinar la conveniencia del uso de la regresión lineal para realizar el retrocálculo, un método popular. Como la relación entre la talla (longitud) del pez y el tamaño de varias partes del cuerpo, incluso las vértebras, se desvía algo de la linealidad, se han sometido los datos al análisis de covarianza para determinar si se justifica el uso actual de los modelos.

Aunque la regresión lineal de la longitud (desde la punta del hocico a la horquilla de la cola en milímetros) en el radio vertebral (milímetros) es muy significativo ( $F_{0.05, 1, 208} = 21,821$ ,  $P > 0.00$ ,  $r^2 = 0.988$ ), un gráfico de los datos y la aplicación del análisis de covarianza, indicaron que en cada grupo de edad, las pendientes de las líneas de regresión fueron significativamente diferentes ( $F_{0.05, 6, 254} = 5.54$ ,  $P > 0.0002$ ). Se transformaron los valores de cada eje a logaritmos naturales, pero las pendientes ( $F_{0.05, 6, 254} = 3.13$ ,  $P > 0.0056$ ) seguían siendo significativamente diferentes.

En el informe anual de la CIAT de 1984, se indicó que como parecía que la media del tiempo de la formación de los anillos era en febrero y el desove comienza en abril, las estimaciones de la edad cuando se formaron los anillos eran de 10 meses, 1 año + 10 meses, etc. Considerando esto, se ajustó el parámetro  $t_0$  en la ecuación de von Bertalanffy al agregar  $2/12$ , o  $0.167$ , de su valor ajustado. La ecuación modificada es:

$$FL(cm) = 703.6(1 - e^{-0.0343(t+1.107)}).$$

Las estimaciones de las tallas a varias edades según la ecuación son:

Edad (años)	1	2	3	4	5	6
Longitud (cm)	49.1	71.1	92.4	113.1	133.0	152.2

La  $L_{\infty}$  estimada excedió bastante la talla más grande observada debido a que las muestras en las que se basa el ajuste corresponden al período inicial de crecimiento rápido. En la Figura 21 se presenta una comparación de estas estimaciones con la de otros estudios.

Se determinó la edad de un aleta azul de 19.7 cm muestreado en agosto de 1981, mediante los incrementos diarios de un otolito y el cálculo medio ( $125.5 \pm 4.2$  días) fue usado para estimar la fecha de nacimiento a mediados de abril. Se comprobó la edad similarmente de 4 atunes aleta azul de una talla que corresponde

aproximadamente a los peces de 2 años del Pacífico oriental. Los datos son los siguientes:

Longitud (cm)	Edad estimada (días) ± error normal	Fecha estimada al nacer
67.2	730.8 ± 10.8	agosto 1, 1980
65.7	748.3 ± 37.6	julio 18, 1980
66.3	704.3 ± 31.9	sept. 21, 1980
67.2	760.5 ± 9.7	julio 26, 1980
<b>Promedio</b> 66.6	736.0	agosto 9, 1980

Estos datos indican que en algunos casos el primer anillo se forma a los 5–10 meses de edad. Los anillos siguientes aparecerían con un año de separación, claro está, si se supone que los anillos se forman al mismo tiempo cada año. Aunque la fecha de nacimiento en un caso fue un mes más tarde que la última aparición de las larvas, puede que la media de las estimaciones de las fechas de nacimiento sea razonable, ya que no se han hecho muestreos de larvas después de mediados de agosto.

En el informe anual de 1982, de la CIAT, se declaró que se habían recuperado más peces inyectados con OTC que peces no inyectados, correspondientes al estudio de marcado de 1981, realizado en el Japón, pero no se tomaron en cuenta los marcadores individuales. Al analizar nuevamente la heterogeneidad de los datos mediante el análisis del ji cuadrado usando solo los datos del marcador principal, los resultados fueron iguales. Los datos son los siguientes:

	Liberados	Recuperados	Porcentaje
<b>Inyectados</b>	880	142	16.1
<b>Control</b>	344	36	10.5
$\chi^2 = 4.49, 0.05 > P > 0.025$			

Se siguen procesando los otolitos de la captura. La relación actualizada de la edad estimada según los otolitos y las vértebras (Figura 22) sigue demostrando un incremento en la variabilidad con el aumento de la edad. Además, parece que el número de incrementos en los otolitos sigue dando una estimación más baja de la edad que el estimado de las vértebras, especialmente de los peces más grandes. Otra investigación del tamaño de los incrementos, determinó que los incrementos en el atún aleta azul cerca al borde distal de una réplica tenían cerca de un micrón de anchura. Otros investigadores que trabajan con otolitos enteros, en lugar de réplicas, no cuentan los incrementos que midan menos de 0.8 micrón, ya que son muy difíciles de percibir repetidamente a ese tamaño, aún amplificándose bastante. A falta de otros métodos, se hizo el cálculo de la réplica de un otolito de un pez que medía 151.6 cm a 1800 y 2160X. El cálculo hecho a mayor intensidad fue de 530 incrementos más que el hecho a poca intensidad (los dos puntos indicados por estrellas en la Figura 22). Sin embargo, el análisis a esta amplificación es extremadamente lento y difícil. La réplica no tiene una calidad óptica tan elevada y es difícil percibir los incrementos. Por consiguiente, no se

aconseja que se haga regularmente este análisis para los peces grandes.

Se está preparando ahora un manuscrito evaluando la conveniencia de estas técnicas como medios regulares para comprobar la edad de los aleta azul capturados.

### ***Estudios del barrilete negro***

Es importante comprender la biología reproductiva de cualquier especie con el fin de calcular la población. Los estudios del ritmo, duración, frecuencia del desove, principio de madurez y la producción potencial de huevos, son esenciales para comprender la dinámica de población, especialmente los procesos del reclutamiento. Además, el conocimiento detallado de la biología reproductiva de una especie que se esparce sobre una amplia extensión latitudinal, puede suministrar información sobre la variación intraespecífica en las características de su ciclo vital y su adaptación a las diferentes condiciones ambientales.

En un estudio recientemente terminado sobre la biología reproductiva del barrilete negro, se describen las características reproductivas y se comparan en cuatro zonas. La Zona 1 se localiza frente a México, abarca las Islas Revillagigedo y la Isla Clipperton (7°-20°N, 105°-120°W), la Zona 2 se encuentra a la altura del sur de México y la América Central (5°-15°N, 80°-100°W), la Zona 3 se encuentra en el Golfo de Panamá y la Zona 4 frente a Colombia y el Ecuador (5°S-5°N, 78°-90°W).

Se determinó la proporción de hembras de esta especie clasificadas como sexualmente maduras (es decir, peces con desarrollo tardío, maduros, ovarios recientemente desovados o gastados recuperándose) a intervalos de longitud de 20 mm (desde la punta del hocico a la horquilla de la cola) en las Zonas 1, 2 y 3. Las hembras más pequeñas encontradas con ovarios maduros, midieron en la Zona 1, 431 mm, en la Zona 2, 406 mm y en la Zona 3, 400 mm.

Se aproximó a la relación estimada entre la proporción de hembras maduras y la talla, según el desarrollo ovárico, mediante la función de Richard y esta relación se presenta en la Figura 23. La longitud a la que el 50 por ciento de las hembras estaban maduras, según la interpolación de las ecuaciones fue 494.8 mm en la Zona 1, 470.3 mm en la Zona 2 y 457.4 mm en la Zona 3.

Con el fin de estimar si existen diferencias geográficas en la talla de madurez, se empleó un estimador sin sesgo y con una varianza mínima, independiente de la función de Richard. Las estimaciones y las varianzas (entre paréntesis) de las tallas de peces que han llegado a un 50 por ciento de madurez usando este método fueron respectivamente 492 (4.5), 469 (2.8) y 458 (2.3) mm, en las Zonas 1, 2 y 3. Los límites de confianza (del 95%) más bajos y altos de estos estimadores fueron respectivamente 488.6-495.9, 466.4-472.2 y 455.4-460.6 mm, en las Zonas 1, 2 y 3. El hecho de que no hay una superposición de estos límites, provee evidencia de tallas significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) de esta especie que hayan llegado al 50 por ciento de madurez en estas tres zonas.

Las variaciones en talla cuando llegan a la madurez, entre las zonas, se deben probablemente a las diferencias en los índices de crecimiento, que son



especialmente susceptibles a tales factores ambientales como la temperatura y el alimento. El barrilete negro marcado durante 1981, tuvo un índice promedio de crecimiento de 0.24 mm por día, para los peces liberados en la Zona 1 y 0.37 mm por día para los peces liberados en la Zona 2 y justamente al sur de esta zona (CIAT, informe anual de 1982: 129). El promedio anual de la temperatura superficial del mar es aproximadamente de 2-3°C más elevada en las Zonas 2 y 3, que en la Zona 1. Las temperaturas más elevadas conducen probablemente a un índice de crecimiento más rápido y a una talla más pequeña de la madurez inicial.

Un aspecto importante de investigación referente a la biología reproductiva del barrilete negro, es la explicación de la relación entre el ciclo anual reproductivo, los factores de condición y los factores ambientales por zonas geográficas. En la Figura 24, se compendian los datos de estos parámetros de la Zona 1.

El máximo de la actividad reproductiva del barrilete negro ocurre en septiembre, 3 o 4 meses después de un cambio repentino del viento en la Zona 1 y aparentemente coincide con cambios similares en las Zonas 2 (octubre-enero) y 3 (enero-marzo). Estos cambios coinciden con los cambios climáticos oceanográficos (es decir, los sucesos del afloramiento) iniciándose o aumentando la producción primaria. Parece que la estrategia del desove de esta especie ha evolucionado produciendo huevos y larvas en regiones geográficas en temporadas en las que el alimento de plancton es máximo, lo que es muy conveniente para su supervivencia.

En general, el tiempo de desove del barrilete negro y la duración, varían con la localidad geográfica. En las latitudes más al sur el máximo del desove ocurre temprano en el año y la duración de la actividad reproductiva es más prolongada.

Los descargues comerciales del barrilete negro capturado durante el año en la Zona 4, están formados casi totalmente por peces pequeños, inmaduros. La escasez de peces más grandes, maduros en esta zona conduce a la conclusión que puede haber una migración de reproductores al norte de esta zona y que la entrada (por la deriva) de las larvas en esta zona, se debe a las corrientes superficiales que corren predominantemente del sur al sudoeste alejándose del Golfo de Panamá. Estas son fuertes de diciembre a abril y forman el límite occidental y el extremo del remolino ciclónico formado frente a Colombia.

Las estimaciones de la frecuencia del desove son esenciales para calcular la fecundidad anual de peces que realizan desoves múltiples. Estas estimaciones del barrilete negro se basaron en el método de los oocitos hidratados. La hidratación, la etapa final de madurez de los oocitos, aparece en los oocitos del grupo más avanzado de desove, justamente antes de la ovulación y el desove. Esta etapa no dura probablemente más de 12 horas, así que indica el desove eminente. Se puede derivar una estimación de la frecuencia del desove basada en la proporción de hembras muestreadas que tienen ovarios con oocitos hidratados, siempre que se reconozcan en los días del muestreo todas las hembras que hayan desovado o van a desovar.

En la Zona 1, durante una temporada de desove de 3 meses en 1981, un

promedio de 46.8 por ciento de las hembras muestreadas contenían oocitos hidratados, indicando que el intervalo común entre el desove de un nuevo grupo de huevos fue de unos 2.1 días. En la Zona 2, en una temporada de desove de 9 meses durante 1981, un promedio de 17.6 por ciento de las hembras muestreadas contenían oocitos hidratados, demostrando que el intervalo común entre el desove de un nuevo grupo de huevos fue cerca de 5.7 días. En la Zona 3, durante una temporada de desove de 7 meses desde fines de 1980, hasta principios de 1981 y desde fines de 1981 hasta principios de 1982, un promedio de 27.8 por ciento de las hembras muestreadas tenían oocitos hidratados, indicando que el intervalo común entre el desove de un nuevo grupo de huevos fue de unos 3.6 días. Basados en la frecuencia del desove diario estimado y en la duración de las temporadas de desove en estas zonas, las hembras maduras de barrilete negro, desovaron comúnmente, tal vez unas 43, 47 y 58 veces al año, respectivamente en las Zonas 1, 2 y 3 durante los períodos de que se trata.

Se hicieron las estimaciones de la cantidad de huevos producida por desove, es decir la fecundidad por grupo de los peces que se encontraban en el estadio IV (maduros) de desarrollo ovárico, capturados en 1981, durante las temporadas de desove en las Zonas 1, 2 y 3. Se obtuvieron las estimaciones de la media de la fecundidad por grupo de 350,336, 221,828 y 242,642, respectivamente de las Zonas 1, 2 y 3.

El promedio de la fecundidad anual, basada en la cantidad estimada de desoves (calculados según las frecuencias de desove y la duración respectiva de las temporadas de desove) y el promedio de la fecundidad por grupo de las Zonas 1, 2 y 3 en 1981, fueron respectivamente cerca de  $15 \times 10^6$ ,  $10 \times 10^6$  y  $14 \times 10^6$ . Se han proyectado muy pocas estimaciones anteriores de la fecundidad anual de las especies de escómbridos, ya que rara vez se puede disponer de estimaciones de la cantidad de desoves por año.

## OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

### *Condiciones anti-el Niño en el Pacífico oriental tropical*

Durante un el Niño, las temperaturas superficiales del mar (TSM) ascienden comúnmente de  $1^\circ$  a  $6^\circ\text{C}$  más de lo normal abarcando una gran parte del Pacífico oriental tropical (POT). Las anomalías más grandes de las TSM ocurren en las regiones ecuatoriales y costeras, donde se reduce grandemente el afloramiento de las aguas subsuperficiales más frías. Esta condición se debe principalmente a un debilitamiento evidente de los vientos superficiales y de la circulación oceánica en los trópicos, a un ascenso en el nivel del mar y a un calentamiento solar que se localiza en cualquier lugar donde la mezcla del viento se ha reducido en el POT. El último evento del Niño en el POT (a fines de 1982), llegó a ser el episodio más intenso de aguas cálidas en este siglo. Algunas de las consecuencias de éste y otros eventos del Niño en la pesca atunera han sido discutidos en los informes anuales de la CIAT de 1983 y 1984. En contraste a los episodios del Niño, un evento anti-el Niño se caracteriza en las zonas costeras y ecuatoriales por TSM más frías que lo normal, especialmente donde se establece el afloramiento de aguas ricas en nutrientes.

En 1984, después del Niño de 1982-1983, volvió el afloramiento ecuatorial y costero de aguas subsuperficiales más frías en el POT. En las estaciones costeras del Ecuador y Perú, las TSM fueron inferiores a lo normal a mediados de 1984, a medida que los vientos tropicales adquirían fuerza y el nivel elevado del mar descendía lentamente. Esto indicó que las aguas más frías, ricas en nutrientes estaban de nuevo alcanzando la superficie oceánica. Además, en 1984, la pesca de atún mejoró en el POT, después de una temporada de pesca muy pobre en 1983. A fines de 1984, los vientos de la superficie adquirieron fuerza y aumentó la mezcla oceánica en una gran parte del trópico meridional. Además, fueron predominantes las anomalías negativas de la TSM en la región ecuatorial y costera. Sin embargo, en 1984, no hubo una fuerte evidencia de que se estuvieran formando o que prevalecieran fuertes condiciones anti-el Niño.

En el primer semestre de 1985, las TSM fueron constantemente de  $1^{\circ}$  a  $2^{\circ}\text{C}$  inferiores a lo normal en la mayoría de la región ecuatorial y a lo largo de las costas del Ecuador y Perú. En la Figura 25 se presentan las anomalías de la TSM de junio de 1985, en el POT, las que son típicas del primer semestre del año. Las anomalías constantes y negativas de la TSM a lo largo del ecuador junto con el fuerte límite frontal ecuatorial, indicaron el restablecimiento de un fuerte afloramiento ecuatorial que estuvo ausente durante el Niño de 1982-1983. Además, las anomalías negativas constantes de la TSM a lo largo de la costa del Perú durante el primer semestre de 1985, indicaron que el afloramiento costero en la Corriente del Perú fue más fuerte que durante el segundo semestre de 1984. En el hemisferio austral al oeste del Perú y frente a las Islas de Samoa entre los  $5^{\circ}$  y  $20^{\circ}\text{S}$  no hubo grandes zonas con TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$  superiores a lo normal. En contraste, durante el Niño de 1982-1983, y durante los seis años anteriores a éste, esta región tropical sufrió frecuente y extensamente anomalías positivas de la TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$ . En el invierno austral de 1985, las TSM fueron más normales en el POT de lo que habían sido en los 10 años anteriores. Además, en los gráficos de la TSM el frente oceánico de temperatura, adyacente al norte del ecuador, volvió a ser nuevamente una característica fuerte y prominente. La única zona en donde la TSM fue más de  $1^{\circ}\text{C}$  superior a lo normal en el primer semestre de 1985, fue al sudoeste de Baja California (Figura 25).

Se presentaron también varias otras características atmosféricas y oceanográficas, indicando que en el primer semestre de 1985, se habían establecido condiciones anti-el Niño. Por ejemplo, el nivel del mar descendió a menos de lo normal a lo largo de la costa occidental de México, la América Central y del Sur. El índice de la oscilación austral (IOA), que es la diferencia entre la presión atmosférica al nivel del mar entre Darwin, Australia y Tahití o la Isla de Pascua, se consolidó lentamente. Esto indicó un aumento en la circulación este-oeste, demostrada por los vientos de levante más fuertes. Además, parece que las corrientes superficiales del océano, medidas por boyas a la deriva al este de los  $140^{\circ}\text{W}$  en el Pacífico ecuatorial, fueron de nuevo normales en dirección y velocidad. Así que los índices climáticos y las temperaturas oceánicas mencionados anteriormente, señalaron claramente que se habían formado condiciones anti-el Niño en el POT durante el primer semestre de 1985, indicando además que el

afloramiento, la producción primaria y la agregación de alimento estaban volviendo tal vez a la normalidad.

Las TSM en el POT se caracterizan mejor en el segundo semestre de 1985, como casi normales. La única excepción notable ocurrió a lo largo de la línea ecuatorial desde el Ecuador hasta los 130°W, en donde las TSM fueron más de 1°C inferiores a lo normal. Las anomalías de la TSM en el POT en noviembre de 1985, típicas del segundo semestre de ese año, se presentan en la Figura 26. En la parte central del Pacífico ecuatorial las TSM han sido algo superiores a lo normal, debido a los vientos alisios que fueron más débiles de lo normal, reduciendo, por consiguiente, la mezcla del viento y el afloramiento a lo largo del ecuador. Los vientos en la superficie y la mezcla oceánica fueron también más débiles que lo normal al sur de los 10°S y al este de los 120°W en el último trimestre de 1985. Esto dió como resultado una pequeña expansión hacia el este de las anomalías positivas de la TSM, a lo largo de la costa peruana. En contraste, los vientos alisios al este de los 140°W cerca al ecuador han permanecido fuertes y han ayudado a mantener las anomalías negativas de la TSM presentadas en la Figura 26.

A pesar del estado de abatimiento general de la circulación superficial oceánica y atmosférica en el POT durante el segundo semestre de 1985, no han habido zonas en el POT donde las TSM hayan demostrado un aumento constante que pudiera indicar un regreso a las condiciones del Niño. Aunque ahora tampoco existen condiciones fuertes anti-el Niño, no parece probable que en los dos primeros trimestres de 1986, se desvíe demasiado el patrón anómalo de las TSM del de la Figura 26.

### ***Las consecuencias que pueda tener el Niño en la pesca atunera***

En los últimos 30 años se han presentado 7 episodios del Niño en el Pacífico oriental tropical (POT). Tres de ellos (1957-1958, 1972-1973 y 1982-1983) fueron acontecimientos importantes por el calentamiento de las aguas, prolongándose más de 1 año. Estos tres eventos tuvieron efectos más desastrosos en la pesca del atún, la anchoveta y la vida de las aves que los otros cuatro (1963, 1965, 1969 y 1976), que fueron más débiles y de menos duración. En los últimos 20 años, los investigadores han observado las temperaturas de la superficie del mar (TSM) (además de otras características ambientales) de los barcos y de las estaciones costeras del POT como parte del programa para la evaluación de las poblaciones. Debido a la continua vigilancia de las TSM, los investigadores han podido observar las primeras fases de la mayoría de los episodios del Niño durante este período. Se descubrió inicialmente el Niño de 1982-1983, por las anomalías de la TSM (desviación de las TSM de las medias a largo plazo). Se desarrolló rápidamente a fines de 1982 y a principios de 1983, culminó con el episodio más intenso y extenso de aguas cálidas en este siglo. La mayoría de los otros episodios del Niño se iniciaron en el primero o segundo trimestre del año. Sin embargo, cada evento de aguas cálidas tenía características similares, como el ascenso del nivel del mar, profundización de la termoclina, aumento rápido de la TSM y cambios en la localidad y fuerza de las corrientes oceánicas.

Los científicos han estado investigando las consecuencias que hayan podido

tener los episodios del Niño en los últimos 25 años sobre la abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad de los atunes a la captura de los barcos cerqueros en el ARCAA (Figura 1). Cada año desde 1960 hasta 1984, se han compendiado los datos de bitácora de las capturas del aleta amarilla y barrilete, el esfuerzo de pesca y el medio ambiente. Se han analizado estos datos correspondientes a tres zonas importantes de pesca, la zona costera del Ecuador y del norte del Perú, la zona del Domo de Costa Rica, localizada cerca a los 10°N-90°W y la zona dentro del triángulo entre el Cabo San Lucas, Cabo Corrientes [(México)] y las islas Revillagigedo, localizada a los 19°N-110°W. Cada una de las tres zonas es importante en la pesca durante parte de cada temporada de pesca y existe una variación considerable en los años y entre éstos en la captura y el esfuerzo y en el ambiente oceánico y del tiempo, especialmente durante los episodios del Niño. Se están llevando a cabo estudios comparativos entre los índices de captura, el esfuerzo y los parámetros ambientales de tres zonas para determinar si los cambios en las condiciones de la superficie oceánica tienen un impacto evidente en la pesca positiva de los atunes. Las comparaciones se basan en sumarios semanales de la dirección del viento, velocidad del viento, TSM, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo (CPUE). La CPUE semanal se calcula como la razón de la media de la captura semanal en toneladas con relación a la media del número semanal de los días de pesca (esfuerzo) y luego se calculan los promedios de éstos mensualmente. Se han preparado las secciones anuales cronológicas de cada uno de los parámetros antes mencionados, que abarcan los años antes, después y durante cada el Niño, para estudiar las variaciones de los valores ambientales y de la CPUE en los años y entre éstos.

El estado del mar y las TSM afectan las condiciones de pesca, lo que se relaciona directamente a la fuerza del viento en la superficie. Cuando las TSM son inusualmente elevadas, como durante los eventos del Niño, o cuando hay mar borrascoso durante períodos prolongados, se reducen comúnmente las faenas de pesca. Además, los atunes probablemente no son tan vulnerables a la captura de los barcos cerqueros cuando las TSM son anormalmente elevadas o bajas, ya que los peces pueden alejarse de estas aguas o descender a más profundidad en las zonas tradicionales de pesca. Además, si hay mar borrascoso es más difícil ver los cardúmenes de peces o capturarlos.

Algunos resultados preliminares de este estudio indican evidentemente que la disponibilidad o vulnerabilidad de los atunes a la pesca se ve afectada por las condiciones oceánicas durante el Niño y después de este evento en una o en todas las tres zonas mencionadas anteriormente. El informe anual de la CIAT de 1984, examina detalladamente las consecuencias que el Niño haya podido tener en la pesca frente al Ecuador. Uno de los efectos ambientales que es importante frente al Ecuador durante un el Niño es el cambio en la dirección del viento. A medida que se intensifica un el Niño, los vientos en la superficie soplan frecuentemente con más fuerza hacia el oeste, empujando el agua superficial hacia la costa. Los vientos que se dirigen al litoral, junto con el nivel del mar anormalmente elevado, profundiza la capa mixta y hunde la termoclina, así que el agua rica en nutrientes debajo de la termoclina no alcanza la superficie. Además, la Contracorriente

Ecuatorial del Sur aparece frecuentemente en la superficie en el POT entre el ecuador y los 7°S. Esta corriente transporta agua cálida tropical al este hacia la costa. El resultado, durante un el Niño prolongado como fue el de 1982-1983, es una acumulación marcada de agua en la costa, un afloramiento débil y una reducción en la producción de alimento.

El resto de esta sección será dedicado a examinar las consecuencias del Niño en la pesca atunera del Domo de Costa Rica y del triángulo formado por el Cabo San Lucas-Cabo Corrientes-Islas Revillagigedo, anteriormente mencionado.

El Domo de Costa Rica (DCR), una zona de afloramiento de agua subsuperficial inusitadamente rica, localizado aproximadamente 400 kilómetros al oeste de Costa Rica y Nicaragua, está formado principalmente por el movimiento circular de la Contracorriente Ecuatorial del Norte (CCEN). Esta corriente se mueve al este cerca a los 5°N hasta cerca de los 85°W y luego voltea al norte aproximadamente a los 15°N antes de llegar a la costa occidental de la América Central, corriendo luego al oeste y permaneciendo frente a la costa del sur de México. Dentro del círculo de la CCEN, cerca a los 10°N-90°W, el agua fría subsuperficial es empujada hacia arriba (aflorada) a la superficie. Frecuentemente durante el primer y cuarto trimestre de cada año, soplan los vientos fuertes de levante mar afuera desde Nicaragua y forman un esparcimiento (divergencia) de agua superficial en el DCR. La divergencia intensifica el afloramiento de aguas ricas en nutrientes estimulando la producción primaria de alimento. En la mayoría de los años hay buena pesca de atún en el perímetro del DCR. Aquí el micronecton es abundante, especialmente durante el segundo trimestre de cada año, cuando las TSM son más elevadas y la producción de alimento es óptima. Sin embargo, de diciembre a febrero y de julio a septiembre, cuando los vientos son más fuertes y las TSM son bajas, el esfuerzo de pesca usualmente es mínimo. Además, la zona de la convergencia intertropical (ZCIT) se localiza entre los 10° y 15°N de junio a septiembre y es mayor la actividad de las tormentas tropicales, causando frecuentemente mal tiempo para la pesca al norte de los 7°N.

En la Figura 27, Recuadros A, B y C, se presentan los datos de las variaciones anuales de la CPUE del barrilete y el aleta amarilla, como también del esfuerzo de pesca de 1962 a 1984, de una zona con un radio de 300 millas localizada a los 10°N-90°W. Además, se presentan con fines comparativos las variaciones anuales de la CPUE y del esfuerzo en 1983, el año del Niño más intenso y del año siguiente 1984. En los Recuadros D, E y F, se presentan los datos de las variaciones anuales del viento y las TSM de 1962-1984 y de 1983 y 1984. En 1982-1983, las TSM fueron superiores a lo normal hasta agosto de 1983, cuando empezó a debilitarse el Niño. La velocidad del viento fue inferior a lo normal en el DCR desde fines de 1982 hasta marzo de 1983 y durante los cinco primeros meses de 1983, la dirección del viento fue variable entre el este y el oeste. Los vientos de diciembre a mayo, en todas partes, soplan normalmente del este. A medida que la ZCIT, después de mayo, cambia al norte entre los 10° y 15°N, los vientos soplan normalmente del este en la zona al norte de la ZCIT y del sudoeste en la zona al sur de la ZCIT. Los dos pares de líneas sólidas en el Recuadro D de la media a largo plazo y los datos de 1984, indican que la dirección prevaleciente del viento es este y oeste,

al norte y sur de la ZCIT. En el Recuadro E, la velocidad del viento al cuadrado es para proveer un término que se aproxime a la intensidad del viento. La intensidad del viento es una fuerza que mezcla la capa superficial y empuja además el agua en la dirección en la que sopla el viento. La dirección de los vientos del poniente y la velocidad del viento (intensidad) más débil que lo normal, junto con el nivel elevado del mar en el POT, dió probablemente como resultado que el afloramiento fuera más débil que lo común en el DCR, desde el cuarto trimestre de 1982, hasta el segundo trimestre de 1983. Por consiguiente, es probable que la producción primaria de alimento y el enriquecimiento de los nutrientes se redujera en el DCR desde fines de 1982, hasta mediados de 1983. En 1983, después de marzo, (Recuadro C) el esfuerzo de pesca fue notablemente inferior a la media de 1962-1984. Esto se debió en parte a que se presentaron frecuentemente tormentas tropicales de junio a octubre y a que una gran parte de la flota pesquera se fue a pescar al Pacífico occidental, donde por lo general hubo buena pesca. Sin embargo, la CPUE del aleta amarilla fue muy inferior a la media de 1962-1984, durante casi todo el año de 1983. En contraste, la CPUE de barrilete fue casi normal o superior a lo normal durante aproximadamente medio año. El esfuerzo de pesca y las capturas se redujeron a casi cero después de agosto, cuando la frecuencia de las tormentas tropicales alcanzó un máximo y los vientos fueron más fuertes (Recuadro E). A principios de 1984, permanecieron alrededor del DCR algunas aguas más cálidas que lo normal. Sin embargo, prevalecieron los vientos de levante más fuertes que lo normal. Esta condición probablemente aumentó el afloramiento en el DCR y resultó en un descenso anormal de las TSM después de abril de 1984. Después de esta fecha la dirección del viento fue más similar a la media de largo plazo de lo que fue en 1983 (Recuadro D). En 1984, la CPUE de aleta amarilla fue superior a la de 1983, alcanzando un máximo en abril durante un período en el que la velocidad del viento se redujo y las TSM estaban volviendo a la normalidad. La CPUE de barrilete también alcanzó un máximo en abril, pero se redujo fuertemente después de mayo. A fines de 1984, las TSM fueron algo superiores a lo normal y los vientos de levante se habían fortalecido bastante como había sucedido a fines de 1983. Parece que el barrilete durante 1982-1983, fue más vulnerable o disponible a los barcos cerqueros alrededor del DCR de lo que fue el aleta amarilla. Sin embargo en 1984, las condiciones del Niño estaban disminuyendo y el aleta amarilla fue más disponible o vulnerable a los barcos cerqueros que el barrilete, excepto en marzo y abril de 1984.

En la tercera zona importante de pesca incluída en este estudio, una zona que se extiende 300 en todas direcciones desde los 19°N–110°W, los cangrejos rojos pelágicos son la fuente principal de alimento tanto del barrilete como del aleta amarilla. Como los cangrejos rojos se alimentan de plancton cuando se encuentran en las aguas superficiales, son más abundantes a lo largo del extremo occidental del afloramiento costero que se extiende comúnmente mar afuera a lo largo de Baja California, desde abril hasta septiembre. En la mayoría de los años, la Corriente de California corre al sudeste a lo largo de la costa de Baja California, produciendo afloramiento y transportando cangrejos rojos y plancton al sur hacia el Cabo Corrientes y las Islas Revillagigedo. Sin embargo, en los años del Niño,



la Corriente de California se debilita y viene a ser una corriente que se encuentra más mar afuera. Cerca a la costa de Baja California en esos años la Contracorriente de Davidson llega a predominar y transporta aguas cálidas y cangrejos rojos y otras especies tropicales al norte. Durante el Niño de 1982-1983, se encontraron cangrejos rojos en grandes cantidades a lo largo de la costa occidental de los Estados Unidos, tan lejos al norte como la Bahía de San Francisco. La Figura 28 es similar a la Figura 27, excepto que las variaciones anuales de la CPUE, del esfuerzo y del ambiente, se refieren a esta zona de pesca del norte y no al Domo de Costa Rica. Las medias de 1962-1984, de la CPUE del aleta amarilla, barrilete y del esfuerzo indican que la pesca es más activa en los dos primeros trimestres, llegando a un máximo después de que el afloramiento se encuentra bien establecido a lo largo de Baja California. En 1983, tanto la CPUE del aleta amarilla como del barrilete fueron inferiores a la media de largo plazo, excepto que la CPUE del aleta amarilla alcanzó la media a mediados y a fines del año (Recuadros A y B). Las condiciones pobres de pesca causadas por los fuertes vientos (Recuadro E) y el mar borrascoso, limitó tal vez frecuentemente el esfuerzo de pesca durante el primer semestre de 1983, pero ya en esta época muchos de los barcos se habían desplazado al Pacífico occidental. Las TSM fueron normales de febrero a mayo de 1983, pero alcanzaron un máximo de 5°-6°F (2.6°-3.7°C) más que lo normal en junio y julio (Recuadro F). En este tiempo la velocidad del viento decayó y la CPUE del aleta amarilla y barrilete estaban al máximo. Los índices de captura disminuyeron después, cuando la fuerza del viento fue superior a lo normal (Recuadro E) y las frecuentes tormentas tropicales junto con el mar borrascoso impidieron las faenas de pesca durante el tercer trimestre. En el primer semestre de 1984, los vientos prevalecientes soplaban del noroeste, igual que en 1983, pero la velocidad del viento fue más débil que en ese año. La CPUE del aleta amarilla fue muy superior a lo normal todo el año, excepto en agosto, cuando la pesca se redujo fuertemente debido a las frecuentes tormentas tropicales. En 1984, el esfuerzo fue inferior a lo normal y la CPUE de barrilete fue inusualmente baja, debido tal vez a la reducción en la demanda del mercado por esta especie. Las condiciones ambientales en esta zona de pesca no fueron notablemente diferentes en 1983, a las de 1984. Sin embargo, hubo menos tormentas tropicales y los vientos en la superficie no fueron tan fuertes en 1984, como en 1983. Es posible que en 1983, el alimento fuera limitado al sur de Cabo San Lucas, ya que a lo largo de la costa occidental de Baja California, puede que se hubiera reducido fuertemente el afloramiento y la producción primaria de alimento durante el Niño de 1982-1983. Las TSM elevadas y la presencia de la extensa y fuerte Contracorriente de Davidson que transportó cangrejos rojos al norte en 1983, indicaron, tal vez, que la distribución de alimento a lo largo de Baja California y al sur de Cabo San Lucas se había modificado durante el Niño de 1982-1983.

#### INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

En 1976, se ampliaron las responsabilidades de la Comisión, para enfrentar los problemas presentados por la mortalidad incidental de los delfines asociados con atunes en las redes de cerco en el Océano Pacífico oriental. La Comisión acordó



“tratar de mantener la producción atunera a un alto nivel y mantener también las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad, haciendo lo posible para tratar de evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca” (Actas de la Reunión de la CIAT de 1976: 10). El programa de investigación atún-delfín fue iniciado principalmente para estudiar: (1) la evaluación de la población, incluso la estimación de la abundancia de los delfines, los índices de la mortalidad incidental y otros parámetros del ciclo vital; (2) los métodos para reducir la mortalidad de los delfines, incluso el desarrollo de una tecnología pesquera nueva o perfeccionada y el estudio del comportamiento de los delfines y (3) las interacciones entre delfines y atunes.

### ***Recolección de datos***

La Comisión coloca técnicos científicos a bordo de cerqueros de naciones colaboradoras que pescan en el Océano Pacífico oriental. El trabajo se realiza a bordo de estos barcos en tal forma que se obtienen muestras representativas de todos los viajes pesqueros y se minimizan las varianzas de las estimaciones de la abundancia y mortalidad de los delfines. En 1985, los métodos de seleccionar los viajes en los que iba a tener lugar el muestreo fueron diferentes para los barcos de EEUU y los de otros países. En los viajes de barcos estadounidenses, como en otros años, el año civil se dividió arbitrariamente en tres intervalos. Estos barcos llevaban a bordo un observador o técnico a intervalos alternados; el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU provee una vez un observador o técnico y otra vez es provisto por la CIAT. En los viajes de barcos de otros países la CIAT ha tratado de colocar técnicos en viajes alternos de cada barco. Sin embargo, esto no ha sido siempre posible, debido a la falta de acomodación en un barco particular o a que un barco inicia el viaje pesquero fuera del Pacífico oriental, trasladándose luego, a mediados del viaje, al Pacífico oriental. En 1984, se aumentó cada vez más el muestreo de los barcos que no pertenecen a los EEUU y esto continuó en 1985. Los cerqueros atuneros abanderados de las Islas Caimán, Costa Rica, Ecuador, España, Estados Unidos, Panamá, Vanuatu y Venezuela, llevaron a bordo técnicos de la CIAT en 1985. Desafortunadamente, sin embargo, no fue posible colocar técnicos a bordo de embarcaciones mexicanas, aunque estos barcos empezarán a llevar técnicos científicos a principios de 1986.

El muestreo de los viajes de la flota internacional de los programas de la CIAT y del NMFS fue cerca del 20 por ciento en 1985. Excluyendo los viajes de los barcos abanderados mexicanos, la representación de la muestra fue casi del 35 por ciento. En la Tabla 8 se resume la representación de la flota internacional. Los 70 viajes muestreados por los dos programas en 1985, indican un 89 por ciento de aumento sobre el número de viajes muestreados en 1984. Este aumento, en parte, es el resultado de un esfuerzo más intenso de pesca en el Pacífico oriental, pero refleja además la colaboración mayor de los gobiernos y la industria de los países latinoamericanos. Junto con la continua colaboración de los Estados Unidos, el nivel actual de muestreo suministra una representación adecuada de una gran sección de la flota. La representación en 1986, debe aumentar significativamente con la participación de México.

***Estimaciones de la mortalidad incidental de los delfines***

En la Figura 29 se presentan los números de lances efectuados sobre atunes asociados con delfines durante 1979-1983, según se han determinado de los datos recolectados por los observadores del NMFS de los EEUU y los técnicos científicos de la CIAT. En 1985, se introdujo una nueva metodología para estimar la mortalidad incidental de los delfines en la pesca atunera. Esta metodología fue discutida en 1985, en la reunión especial, convocada en la Jolla y en una reunión del Subcomité de Cetáceos pequeños de la International Whaling Commission. Se hicieron valiosas sugerencias para obtener otras mejoras, especialmente por los Drs. D.G. Chapman, N.C.H. Lo, T.D. Smith y el Sr. B.E. Wahlen. Después de comprobar el impacto de todos los cambios indicados, se hicieron modificaciones en la metodología. Se examinará brevemente el procedimiento final revisado que se ha de usar en el futuro.

Primero, se define una estratificación espacial para cada especie o stock, basada en el concepto del área de vulnerabilidad (discutida en el Informe Anual de 1984) y en la heterogeneidad espacial de los índices de mortalidad. En la Figura 30 (recuadro superior) se presentan los siete estratos originalmente usados para los delfines manchados de alta mar y los tornillo panza blanca. Algunos de los examinadores pensaron que un número menor de estratos mejoraría las propiedades estadísticas de las estimaciones, así que se ensayaron varios métodos con cinco o seis estratos. Se seleccionó la estratificación indicada en la Figura 30 (recuadro inferior) para los delfines manchados de altura y los tornillo panza blanca, debido a la reducción observada en la varianza de las estimaciones. Los estratos escogidos para los delfines tornillo oriental y los delfines comunes se presentan en la Figura 31. La mortalidad fuera de las zonas designadas, se estiman empleando un procedimiento de ajuste. La mortalidad de las otras especies o stocks se estiman sin la estratificación.

Segundo, se emplea en cada estrato los datos del observador para estimar la mortalidad por lance y la mortalidad por tonelada. Se usa una fórmula de Pascual con el fin de reducir el sesgo, junto con un procedimiento de remuestreo "bootstrap" que ayuda también a reducir el sesgo suministrando al mismo tiempo un estimado empírico de la varianza. La fórmula de Pascual fue introducida después de que algunos resultados simulados probaron que esta fórmula era mejor con los datos que otras fórmulas. Luego el número total de lances (o toneladas) se estiman para el cálculo de los estimados de la mortalidad total.

Anteriormente, se usaba un algoritmo descrito en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, No. 3, para estimar el número total de lances sobre delfines. Este método se basó en la utilización de información sobre los lances más cercanos en espacio y tiempo para determinar de una manera probabilística, la clase de lance de aquellos lances en los que los datos de bitácora no explicaban si eran o no lances sobre delfines. Fue difícil continuar usando este método con la definición de diferentes áreas de vulnerabilidad correspondientes a las diferentes especies o stocks implicados. Según un punto de vista logístico, sería necesario estimar el número de lances sobre delfines en demasiadas zonas, algunas de las cuales son pequeñas

(es decir, el delfín común en la Figura 31). Al mismo tiempo, la proporción de lances sin identificar en los cuadernos de bitácora ha venido disminuyendo constantemente y actualmente es menos del 2 por ciento del número total de lances. Por consiguiente, se emplea otro método para estimar el número de lances sobre la especie o stock implicados en cada estrato. Se definen las categorías siguientes de lances sobre delfines o posiblemente sobre delfines:

- (i) lances identificados en los cuadernos de bitácora por especies de delfines (lances específicos sobre delfines);
- (ii) lances identificados solamente como lances sobre delfines sin referirse a ninguna especie (lances genéricos sobre delfines);
- (iii) lances sin información si fueron realizados sobre delfines;
- (iv) lances sin registrar en la base de datos (lances sin registrar).

Se emplearon los siguientes métodos para manejar éstos:

*Categoría i.* Los datos obtenidos de los cuadernos de bitácora son anotados por los pescadores que no han sido entrenados por el NMFS o la CIAT y no tienen acceso al material impreso para ayudarlos en la identificación. Frecuentemente anotan solo “delfines” o solamente “manchados” o “tornillo” y esta identificación tiene un uso limitado. Por consiguiente, se combinan todos los lances sobre delfines, omitiendo la identificación de la especie o stock y se incluyen en la categoría ii.

*Categoría ii.* Estos lances se identifican como lances sobre delfines en los cuadernos de bitácora ( $S_D$ ).

*Categoría iii.* Los lances sin identificar en los cuadernos de bitácora ( $S_U$ ) se prorratan usando las proporciones de lances sobre delfines que han sido identificados ( $S_D$ ) relativos a los lances identificados de todos los tipos ( $S_A$ ) en la base de datos de la misma zona, es decir,

$$S_X = S_U \frac{S_D}{S_A}$$

donde  $S_X$  = número de lances sin identificar prorratados como lances sobre delfines.

*Categoría iv.* Se emplea el número de lances registrados y el porcentaje representado de viajes en la base de datos de bitácora ( $C$ ) para estimar el número de lances sin registrar de delfines. Se estima el número total de lances registrados al multiplicar por  $(100/C)$ . En estos términos

$$S_T = S_D \left( 1 + \frac{S_U}{S_A} \right) \frac{100}{C}$$

donde  $S_T$  = número total estimado de lances sobre delfines en el estrato. La zona de vulnerabilidad de los delfines tornillo oriental se emplea para los delfines tornillo sin identificar y se prorrata la mortalidad de los delfines tornillo sin identificar dentro y fuera de la zona de acuerdo a la mortalidad observada de las proporciones de delfines tornillo oriental y panza blanca.

Anteriormente las estimaciones de la CIAT de la mortalidad habían empleado el abanderamiento como una norma de la estratificación. El número disponible

de muestras en los estratos bandera-zona-tiempo no fue suficiente para retener la estratificación por abanderamiento al mismo tiempo que se concebía la otra, así que hubo que escoger. Este problema se agrava por la falta de datos de los barcos mexicanos. Había dos alternativas: (1) extrapolar los valores de la flota muestreada de otros países (cerca del 90 por ciento del esfuerzo total aplicado se realiza al sur de la zona ecuatorial) a los barcos mexicanos que pescan en la sección septentrional (cerca del 90 por ciento de su esfuerzo total se aplica al norte del ecuador) o (2) extrapolar a la flota mexicana los valores de otros barcos que pescan en la misma zona, omitiendo el abanderamiento.

Con el fin de escoger entre los dos sistemas, se comparó la actuación de los barcos estadounidenses y de otros países correspondiente al período de 1979-1984, combinando los años, usando los estratos de zona. No se incluyó un grupo de barcos estadounidenses que estaban bajo fletamento (con iguales derechos que los propietarios de los mismos) de compañías no pertenecientes a los EEUU, que maniobraban desde puertos sudamericanos. Se usaron tres variables, la mortalidad por lance, la mortalidad por tonelada y la proporción de delfines capturados que murieron. De éstas la segunda provee un ajuste de la cantidad de captura y la tercera suministra un ajuste de la dimensión del cardúmen. Existe una diferencia altamente significativa entre los barcos de otros países y los de EEUU en la Zona II (Figura 30) que es consistente con referencia a todas las variables y las pruebas (una actuación mejor de la flota estadounidense). La Zona V indica una diferencia significativa al nivel del 5% con referencia a la mortalidad por lance (una actuación mejor de la flota de otros países). Todas las demás comparaciones, incluso aquellas de las variables ajustadas, no presentan diferencias significativas. Los datos de los técnicos científicos de los barcos de otros países indican que las artes y los procedimientos usados son bastante similares a los empleados por la flota estadounidense. La magnitud de las muestras no es tan elevada como se desearía en algunas zonas, pero hasta ahora, la combinación de las banderas parece más razonable que la combinación de las zonas geográficas, ignorando las diferencias mencionadas anteriormente. Al mismo tiempo, la estratificación de las zonas provee una estructura mejor de trabajo para manejar los cambios en la distribución del esfuerzo de pesca, evitando la confusión de cambios en la zona de las faenas con los cambios reales de la actuación, en la dimensión de los cardúmenes encontrados, *etc.* En el futuro, la inclusión de los datos de la flota mexicana, puede suministrar una muestra suficientemente grande para poder reconsiderar esquemas más complicados de estratificación.

En la tabla siguiente se presentan las estimaciones hasta el 20 de junio de 1986, de la mortalidad incidental de los delfines de la flota internacional de 1985.

Especie o stock	Estimado de la mortalidad (basado en la mortalidad/lance)	Error normal	Estimado de la mortalidad (basado en la mortalidad/tonelada)	Error normal
Delfines manchados de altura	31419	3154	30478	2743
Delfines tornillo oriental	8484	1352	8201	1445
Delfines tornillo panza blanca	8578	1672	9430	1996
Delfines comunes	6215	2186	6602	2449
Delfines tornillo sin identificar				
prorrateados como delfines				
tornillo oriental	40	21	37	20
prorrateados como delfines				
tornillo panza blanca	227	112	210	105
Otros delfines	1747	565	1643	535
<b>Total</b>	56710	4436	56601	4460

Siguiendo una tendencia que comenzó en 1984, el esfuerzo sobre los cardúmenes de delfines aumentó en 1985, a un máximo histórico aproximadamente de 10,000 lances. Esto representa un aumento de cerca del 60 por ciento sobre las cifras del esfuerzo de 1984. Las causas de este aumento en el esfuerzo son principalmente económicas; el precio del aleta amarilla más grande que comúnmente se asocia con los delfines es considerablemente superior al del aleta amarilla más pequeño o al del barrilete, que se pescan más frecuentemente en lances sobre objetos flotantes o independientemente ya sea de delfines u objetos flotantes ("cardúmenes de peces"). A causa de esto y debido a las capturas excelentes de los dos últimos años, el esfuerzo se dedica en su mayoría a la pesca de atunes asociados con delfines. Estos factores probablemente son la razón principal del incremento en la mortalidad cuando se compara con los años anteriores. La mortalidad por lance y por tonelada se redujo prácticamente con referencia a todas las especies o stocks, siendo la excepción principal el índice de la mortalidad incidental de los delfines manchados en la Zona II (Figura 30), que aumentó considerablemente. Se están investigando actualmente las causas probables de este cambio.

### **Abundancia**

Los datos de visualización obtenidos por los técnicos científicos de la CIAT y los observadores del NMFS a bordo de cerqueros atuneros, producen anualmente muestras grandes de observaciones de las cuales pueden calcularse las estimaciones del transecto lineal de la abundancia. Sin embargo, todas las suposiciones del método del transecto lineal son violadas a varios grados y, por consiguiente, la gran magnitud de las muestras no garantiza estimaciones precisas ni insesgadas. La precisión es relativamente fácil de estimar, usando procedimientos estadísticos potentes, como el método del "jackknife". Puede considerarse que el sesgo tiene dos componentes, uno representado por una tendencia subyacente sin una fluctuación de un año a otro y el otro por las desviaciones de la tendencia

subyacente que pueden ser especialmente grandes, por ejemplo, en un año del Niño. Ambos componentes causan problemas. El segundo puede conducir a grandes fluctuaciones no aleatorias de un año a otro de las estimaciones de la densidad y el primero puede exhibir una tendencia con el tiempo, la que no puede diferenciarse de una tendencia en la abundancia de los delfines. Tal tendencia ocurriría, por ejemplo, si se subestimara la magnitud de la manada en los primeros años, pero mejorando las estimaciones con el tiempo a medida que los técnicos científicos comprenden más los problemas del conteo de los delfines. Si pudiera eliminarse tal tendencia, ya sea por los procedimientos en el campo o mediante las técnicas estadísticas y si las fluctuaciones a corto plazo pueden disminuirse mediante la creación de métodos más potentes del análisis del transecto lineal, entonces sería posible vigilar satisfactoriamente la abundancia de los delfines según los datos de los barcos atuneros, aun cuando la capacidad de estimar las cantidades absolutas de los delfines permanezca dudosa.

Más adelante se examinan los factores principales que deben considerarse en los análisis.

### ***Búsqueda aleatoria o distribución aleatoria de las manadas***

En el análisis del transecto lineal es necesario suponer ya sea que las manadas de delfines se encuentran distribuidas aleatoriamente en el Pacífico oriental tropical o que los barcos atuneros realizan una búsqueda aleatoria en la zona. Se conoce que se han violado seriamente ambas suposiciones. Una solución posible a este problema es la estratificación. Probablemente son deseables grandes estratos geográficos, para separar, por ejemplo, los stocks de los delfines manchados del norte y del sur, y ésto tal vez, reduzca los problemas hasta cierto punto. Cuando la magnitud de la muestra es suficiente, se debe considerar más estratificación. Probablemente los estratos geográficos permanezcan constantes o casi constantes con relación al tiempo. No es necesario que los sub-estratos dentro de éstos, permanezcan constantes y hay razones teóricas buenas para escoger estos sub-estratos de una manera dependiente de los datos. Se han de considerar dos métodos.

Se puede estimar en cada cuadrángulo de 1 grado el esfuerzo de búsqueda de los barcos atuneros, medido en millas náuticas. Los cuadrángulos con esfuerzo similar de búsqueda pueden colocarse ahora en el mismo sub-estrato. En la práctica, ésto se puede realizar al ordenar todos los cuadrángulos de 1 grado en la región geográfica apropiada del esfuerzo (desde el más bajo (cero) hasta el más elevado) y al dividir luego la lista ordenada en sub-estratos, sujeta a la imposición de que el número de manadas descubierto en cada sub-estrato es suficientemente grande para permitir la estimación confiable del transecto lineal. Los cuadrángulos en un sub-estrato no necesitan ser contiguos y en general no lo son.

Como el esfuerzo de pesca es tan desigual, este método afronta un problema serio. Aunque se tengan suficientes datos de 10 a 15 sub-estratos, la mayor parte de la región se ubica en el sub-estrato del esfuerzo más bajo y muchos de los cuadrángulos en este sub-estrato no tienen esfuerzo. Aunque la búsqueda es casi aleatoria en los otros sub-estratos, se encuentra muy lejos de ser aleatoria en éste,

pero aún así el sub-estrato tiene una proporción elevada (probablemente más de la mitad) de los delfines en la región. Por lo tanto, probablemente es más promisorio el siguiente procedimiento.

Cuando se estratifica según el esfuerzo se intenta crear sub-estratos en los que el esfuerzo de búsqueda es aleatorio. La alternativa consiste en crear sub-estratos en los que la densidad de las manadas de delfines es aproximadamente igual, en esta forma se puede suponer que las manadas se encuentran distribuidas aleatoriamente. Mientras que se conoce la distribución del esfuerzo con razonable certeza, no se conocen las densidades de las manadas de delfines. Sin embargo, el índice de hallazgo (número de manadas descubiertas por milla náutica de búsqueda) provee medios por los cuales se pueden definir los sub-estratos adecuados. Como muchos de los cuadrángulos de 1 grado no tienen esfuerzo de búsqueda en ningún año dado y muchos de los otros tienen muy poco para dar una estimación confiable del índice de hallazgo, se necesitan estimaciones suavizadas del índice de hallazgo. Se harán otros experimentos con las rutinas de suavización, pero los resultados preliminares indican que este método es promisorio, produciendo sub-estratos cuyos límites parecen contornos de elevación en un mapa. Las estimaciones son constantemente inferiores a aquellas cuando no había estratificación; ésto se esperaría si los barcos atuneros concentraran el esfuerzo en zonas de una densidad relativamente elevada de cardúmenes asociados con delfines.

#### ***La curva de la probabilidad de detección***

Se deben tener las siguientes propiedades para obtener análisis confiables del transecto lineal, de la función de descubrimiento  $g(y)$ , en donde  $y$  es la distancia más corta desde el punto de detección de una manada a la línea de viaje (derrota) del barco: (1) la probabilidad de descubrimiento de una manada en la derrota  $g(0)$  debe ser igual a 1; (2) la probabilidad  $g(y)$  debe permanecer cerca al valor  $g(0)$  con referencia a los valores pequeños de  $y$ , así que la curva de detección tiene un "apoyo" y (3) la función  $g(y)$  debe ser suave y sin incremento, de modo que si  $y_1 > y_2$ ,  $g(y_1) \leq g(y_2)$

Con el fin de satisfacer las condiciones (2) y (3), es necesario separar las visualizaciones del técnico científico de las de la tripulación. Los datos indican que los técnicos científicos buscan frecuentemente solo con los ojos, ya que desde el barco se ven mucho menos manadas en las dos bandas entre 0.1 mn y 0.2 mn, con relación a aquellas en 0.1 mn del barco. En contraste, la probabilidad de que los pescadores descubran una manada en la derrota es casi igual a la probabilidad que descubran una manada 2 o 3 millas náuticas del barco. Sin embargo, se pueden combinar las visualizaciones de la cofa y del helicóptero con las visualizaciones normales con binóculos con una potencia de 20 a 25, sin violar las condiciones (2) y (3).

La condición (1) se viola evidentemente si no se usan las visualizaciones del técnico científico. Los datos indican que la curva de detección de las visualizaciones de los pescadores retienen su apoyo amplio, pero que la probabilidad de detección en la derrota,  $g(0)$ , se reduce substancialmente a menos de uno cuando no es

probable que se haga un lance (ya sea porque no les parezca interesante la especie de delfines o porque el barco no está pescando en cardúmenes asociados con delfines). Si el valor promedio de  $g(0)$  fuera constante de un año a otro, habría un sesgo constante descendente en las estimaciones del número de delfines, pero habría poco impacto en las tendencias estimadas en cantidades. Sin embargo, la variación es evidente en  $g(0)$ ; parece, por ejemplo, ser baja en el año del Niño de 1983.

Como rara vez el técnico científico descubre cardúmenes lejos del barco, puede considerarse como si supervisara la derrota; los cardúmenes que no se ven o no son informados por los pescadores son probablemente descubiertos por el técnico científico, siempre que se encuentren o estén muy cerca de la derrota. Por consiguiente, los datos del técnico científico pueden modelarse separadamente de los otros datos y la estimación resultante puede agregarse a la estimación de los datos del pescador, con el fin de hacer el ajuste de las manadas cercanas a la derrota que no han sido descubiertas o informadas por el pescador. Cuando  $g(0)$  del pescador es próxima a uno, estos ajustes son pequeños y tienen poca importancia. Si  $g(0)$  es muy inferior a 1, puede haber grandes ajustes y como las probabilidades de detección del técnico científico se reducen rápidamente, violando la condición (2) anterior, tienen grandes errores normales y posiblemente también grandes sesgos. Si el técnico científico dispone de un mejor equipo, esto puede mejorar, pero probablemente el factor crítico es el nivel de colaboración entre los tripulantes y los técnicos científicos y la pericia variable de los técnicos científicos).

#### ***Errores en el cálculo de los ángulos y en las distancias de visualización***

Si se consideran las distancias y los ángulos anotados por los técnicos científicos en su valor nominal, se violarían las condiciones (2) y (3) enumeradas en la sección anterior, las que la curva de detección debe satisfacer. Los ángulos se miden frecuentemente a los  $10^\circ$  o  $15^\circ$  más próximos y repetidamente el error en las estimaciones de la distancia se encuentra en el orden del 20 por ciento o más. Este nivel de error al redondear las estimaciones, debe reducirse antes de poder llevar a cabo los análisis significativos del transecto lineal. Los errores al estimar los ángulos pueden tal vez reducirse significativamente si se provee a los técnicos científicos con dispositivos sencillos para medir los ángulos. Si se les da binóculos con retículos esto debe reducir los errores en las estimaciones de distancias cortas, pero las estimaciones de distancias grandes seguirán siendo un problema. Puede también usarse una técnica estadística conocida como suavización para tratar de esparcir las observaciones de los grupos en los que se acumulan, por ejemplo, una distancia visual de 1 milla náutica y un ángulo de visualización de  $45^\circ$ . La técnica de suavización actualmente usada trabaja bastante bien y esperamos poder mejorarla en un futuro cercano.

#### ***Observaciones independientes***

La condición de que las observaciones sean independientes se relaciona a la demanda referente a la aleatoriedad. Los barcos atuneros tienden a permanecer en zonas en las que encuentran cantidades de peces y si los peces se encuentran



asociados con delfines, ésto aumentaría el índice de hallazgo relativo al “verdadero” índice de hallazgo del barco que sigue un rumbo aleatorio. Esto conduciría a la estimación excesiva de la cantidad de delfines, especialmente si no se ha realizado estratificación. La estratificación por el índice de hallazgo reduciría el problema, pero no lo eliminaría; por ejemplo, los movimientos estacionales de los delfines en un año, seguirían induciendo algún sesgo ascendente si la flota tiende a seguirlos.

### ***Estimación de la magnitud normal de la manada***

Como los análisis del transecto lineal se llevan a cabo mediante los datos de visualización de las manadas, es necesario multiplicar la última estimación por una estimación de la magnitud normal de la manada. Se presentan en esta etapa dos fuentes serias y potenciales de sesgo. La primera incluye estimar la magnitud del manada una vez que se ha visto. Se espera que la estimación sea buena referente a la manada que se ha observado durante varias horas a corta distancia y sobre la que se ha realizado el lance, cercándola con la red. Las estimaciones hechas por el técnico científico y por la tripulación antes del lance, pueden entonces compararse con esta estimación buena. Se puede formar un estimador de la razón para ajustar las estimaciones referentes al sesgo del técnico científico y de la tripulación. Si no se hace un lance sobre la manada, se emplea la estimación ajustada del técnico científico. Si no pudo hacer una estimación, se emplea la estimación ajustada de los tripulantes. Los ajustes de las estimaciones del técnico científico tienden a ser pequeñas, en cambio las de la tripulación se reducen normalmente entre el 20 y 30 por ciento por este procedimiento.

El segundo componente del sesgo aparece debido a que las manadas vistas desde el barco no son una muestra aleatoria de las manadas presentes. Por ejemplo, puede que sea más fácil descubrir manadas grandes, lo que conduce a una estimación excesiva de la magnitud normal de las manadas. Si es así, se esperaría que la magnitud normal de los manadas vistas cerca a la derrota fueran más pequeñas que la magnitud normal y general de las manadas vistas. Sin embargo, no aparece un patrón consistente cuando se examinan los datos de varios años y aún no es evidente que se puedan hacer los ajustes para esta causa del sesgo.

La metodología actual del transecto lineal provee una ponderación de uno para cada manada, así que una manada de 20 delfines tiene el mismo efecto que una manada de 2000 al ajustarse al modelo del transecto lineal. Si se le da a la manada una ponderación igual al número de delfines en la manada, puede que sea posible omitir la estimación de la magnitud normal de la manada, junto con su sesgo inherente. Los primeros intentos cuando se aplicó este método, indican que es factible, pero surgen varios problemas. Algunos pueden ser tratados fácilmente, pero otros pueden ser más difíciles.

### ***Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente***

En 1985, se preparó una propuesta con el fin de intensificar las labores de la CIAT del programa de los delfines en latinoamérica. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) otorgó parte de los fondos para el proyecto, como parte de su Proyecto Global de Acción para la Conservación,

Manejo y Utilización de los Mamíferos Marinos. El programa en 1985, consistió en viajes al Ecuador y Venezuela del personal encargado de las artes para fomentar el uso de procedimientos para salvar delfines, entrevistando informalmente personas interesadas y presentando conferencias para científicos y representantes de la industria. A principios del año se hizo un viaje similar a Panamá.

En los viajes del personal encargado de las artes al Ecuador y Venezuela, se convocaron reuniones con los funcionarios gubernamentales de pesquería y con los propietarios y patrones de todas las embarcaciones cerqueras que tienen su base en estos dos países y pescan atunes asociados con delfines en el Océano Pacífico oriental. El personal presentó el programa internacional de investigación de los técnicos científicos y de las artes de la Comisión, la importancia de la participación del Ecuador y Venezuela a ese programa, los métodos y las artes para la reducción de la mortalidad de los delfines y otros proyectos de la Comisión. En las reuniones se repartieron folletos informativos y películas.

Además, el personal encargado de las artes dictó dos conferencias en Venezuela y cuatro más en el Ecuador. En Venezuela, se dió una conferencia para los científicos en la Fundación La Salle de Ciencias Naturales en la Isla Margarita y otro para el cuerpo docente y los estudiantes graduados del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Oriente en Cumaná. En el Ecuador, se dictaron las conferencias en la Comisión Permanente del Pacífico Sur en Quito, en la Universidad de Guayaquil y en la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) en Guayaquil, y en la Escuela de Pesca en Manta. Los temas presentados fueron: (1) la historia de la pesca cerquera de atunes asociados con delfines en el Pacífico oriental, (2) la historia de las artes y métodos para salvar delfines, (3) el programa internacional de los técnicos científicos de la Comisión y (4) los proyectos de la Comisión orientados a reducir la mortalidad de los delfines en la pesca cerquera de atunes.

Se está usando parte del subsidio de PNUMA para fomentar cada vez más los métodos y las artes para salvar delfines de las embarcaciones cerqueras que tienen su base en latinoamérica. Se compraron 40 proyectores de luz concentrada para usarlos durante retrocesos oscuros y se están prestando a los cerqueros latinoamericanos para ser usados a largo plazo. En los tres últimos anuarios de la CIAT se han informado los resultados alentadores de estos proyectores de luz concentrada y luego se examinarán más en la sección titulada *Estudios de las artes*. La Comisión compró también con el subsidio cinco botes inflables de caucho. Estos botes sirven como plataformas eficaces de donde se puede dirigir y observar la alineación de los paños de seguridad de la red para liberar delfines eficazmente. Esto requiere práctica en un lance en aguas locales colocando una persona entrenada en el área de retroceso de la red, y la Comisión ha alentado a los dueños de barcos y a los capitanes para que hagan esto.

Además una publicación importante del U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 13: *Guidelines for Reducing Porpoise Mortality in Tuna Purse Seining* (Procedimientos para Reducir la Mortalidad de los Delfines en las Redes de Cerco Atuneras), fue traducida al español por la Comisión como parte

del Programa PNUMA. Este documento junto con otros trabajos referentes a la reducción en la mortalidad de los delfines, traducidos anteriormente al español y las copias de una versión en español de la película *Tuna Seining and Porpoise Safety* en cinta magnética, fueron repartidos en el Ecuador, México y Venezuela.

### ***Próxima participación de México en el programa atún-delfín***

A fines de 1985, el gobierno de México decidió iniciar un programa de técnicos científicos para evaluar el impacto que pudiera tener su flota sobre las poblaciones de delfines en el Pacífico oriental. Se está preparando este programa en colaboración con la CIAT.

La primera etapa fue organizar un curso de entrenamiento para los biólogos mexicanos que se han de enviar como técnicos científicos a bordo de cerqueros mexicanos. El curso auspiciado por PNUMA y dictado por el personal de la CIAT, tuvo lugar en Ensenada del 2 al 17 de diciembre de 1985, en la Escuela de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California del Norte. Algunas de las disertaciones fueron especialmente dedicadas a los aprendices a técnicos y otras (mamíferos marinos y biología de los atunes) fueron para todos los estudiantes en general. Asistieron en total 62 estudiantes a todas las lecciones o parte de ellas. Aquellos que llenaron todos los requisitos para la posición de técnicos científicos y pasaron ciertas calificaciones formarán el grupo de técnicos mexicanos el próximo año. Se convocaron reuniones con los representantes de la industria atunera mexicana y se confirmó su apoyo al programa. A fines del año, se habían asignado ya varios técnicos a viajes de barcos que saldrían en enero de 1986.

Los cerqueros mexicanos, como parte del programa, recibirán también proyectores de luz concentrada para usarlos a largo plazo y se alentará también a los dueños y capitanes para que tengan paños de seguridad alineados en sus redes y con el fin de realizar así eficazmente el retroceso.

### ***Estudios de las artes***

Como se informó anteriormente, los investigadores encargados de las artes que viajaron durante el año a Ecuador, Panamá y Venezuela, dictaron conferencias sobre la reducción de la mortalidad de los delfines. Convocaron también reuniones, invitando a muchos propietarios y capitanes de barcos para discutir las artes y los métodos de liberación de los delfines, los proyectos de la Comisión orientados a reducir la mortalidad de los delfines, y los problemas especiales que encuentran los barcos en los métodos y las artes. Los trabajos realizados en el Ecuador y Venezuela se describen en la sección titulada *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. En Panamá, los investigadores se reunieron con cinco capitanes de barcos para examinar el programa atún-delfín de la Comisión y los problemas específicos de la mortalidad de los delfines. El personal visitó frecuentemente barcos anclados en San Diego, con el fin de discutir los procedimientos para salvar delfines. Se entrevistaron cuatro capitanes de barcos que durante los viajes muestreados por la Comisión tuvieron una mortalidad elevada de delfines. En estas entrevistas, se discutieron las causas de la mortalidad, las medidas que ya se habían adoptado para remediar la mortalidad y cómo adoptar tal vez otras medidas para evitar en el futuro la mortalidad elevada.

Los 131 cerqueros de la clase 4, 5 y 6 de la flota internacional que pescaron en el Océano Pacífico oriental en 1985, emplearon los siguientes tipos de paños de seguridad:

Tipo de paño de seguridad	Número de barcos
Equipados con paño superprotector y paño de seguridad de malla fina [1 1/4 de pulgada (3.2 cm)]	64
Equipados solo con un paño de seguridad de malla fina [1 1/4 de pulgada (3.2 cm)]	52
Equipados solo con un paño de malla de 2 pulgadas (5.1 cm)	1
No equipados con ningún paño de seguridad	9
Artes desconocidas	5
<b>Total</b>	<b>131</b>

Se ha obtenido la información anterior según la inspección visual de los investigadores de la CIAT, mediante comunicación de oficinas pesqueras nacionales y por declaraciones verbales de los propietarios y capitanes de barcos. Los nueve barcos que no estaban equipados con paños de seguridad, no pescaron necesariamente atunes asociados con delfines.

Tanto la Comisión como la Porpoise Rescue Foundation (PRF) de la industria atunera de los EEUU, continuaron un programa por el que dotaron a los cerqueros con proyectores de luz concentrada para usarlos durante lances en retrocesos oscuros. Este programa fue iniciado por la Comisión en 1982. Como se mencionó anteriormente, el programa de PNUMA dotará los barcos latinoamericanos con varios de estos proyectores.

Los datos de los tres primeros años del programa fueron limitados, pero indicaron que los índices de mortalidad en los lances oscuros en los que se usaron los proyectores, fueron muy inferiores a los lances oscuros en los que se usaron otros métodos de iluminación o no se usó ninguno. En 365 retrocesos observados en lances oscuros a bordo de embarcaciones estadounidenses durante el período de 3 años, la mortalidad por lance fue 14.83. En los 77 lances en los que se usaron los tipos de reflectores de la Comisión la mortalidad por lance fue 6.71, comparada con 17.00 de los 288 lances en los que se usaron otros métodos de iluminación o no se usó ninguno.

Al incluir los datos provistos por la PRF de los lances observados, de barcos estadounidenses en 1985, con los datos de 1982-1984, resulta un aumento en la mortalidad por lance de 11.87 en 204 lances, en los lances con retrocesos nocturnos que usaron proyectores, y una pequeña reducción en el índice de mortalidad de 16.13 en 356 lances con retrocesos nocturnos que emplearon otros sistemas de iluminación o sin iluminación. El aumento en el índice de mortalidad en los lances en los que se emplearon reflectores se debió en su mayor parte a dos viajes en 1985, en los que ocurrió una elevada mortalidad incidental de delfines.

Como se mencionó en informes anteriores, la dotación y por consiguiente, el

uso de los proyectores de luz concentrada no han sido aleatorios y los datos pueden fácilmente sesgarse en cualquier dirección, por unos pocos barcos con problemas de mortalidad que no se relacionan al empleo de la clase de proyectores de la Comisión. Así que la Comisión está dudosa hasta que punto el uso de los proyectores de luz concentrada reducen la mortalidad de los delfines. Sin embargo, muchos barcos han comprado los proyectores y la comisión y el PRF han recibido varios comentarios positivos de los capitanes, miembros de la tripulación y de los técnicos científicos, referentes a su desempeño. En 1986, las reglamentaciones de los EEUU exigen que todos los cerqueros con bandera de los EEUU con permiso para pescar atunes asociados con manadas de delfines tengan a bordo del barco un proyector de luz concentrada con especificaciones similares al tipo de proyector de la Comisión.

### ***Comportamiento de los delfines***

#### ***Estructura de las manadas***

Se está estudiando actualmente la estructura de las manadas de delfín tornillo, *Stenella longirostris*, según las fotografías aéreas tomadas frente a México. Una fase de este estudio ha sido determinar si ciertas tallas de delfines aparecen con más frecuencia en algunos sectores de las manadas que en otros. Es especialmente interesante conocer donde se localizan los cachorros, ya que ésto puede determinar cómo actúa una manada para proteger sus miembros más vulnerables.

En un mapa preparado mediante computadora se trazó a escala la localización de todos los delfines de las nueve manadas que aparecen en la fotografía, correspondientes al stock costarricense de delfín tornillo. Se trazaron también a escala y codificaron con colores, por talla, las imágenes de los delfines que pudieron medirse fotogramétricamente. Se marcaron en total 15,908 delfines, de los cuales se pudieron medir 7,756. Los mapas de la computadora, de las manadas, permitieron examinar la relación espacial de varias tallas en una manada. Al dividir en subzonas estos mapas, fue posible comprobar si había más probabilidad de encontrar cachorros en medio de la manada o en la periferia.

Sin embargo, antes que todo, es necesario definir un cachorro. Como se conoce muy poco acerca de la biología del delfín tornillo costarricense, se tienen muy pocos datos con los cuales definir los límites de talla de los cachorros. Usando, sin embargo, la técnica del vecino más cercano, se puede estimar la talla en la que los cachorros empiezan a ser independientes de su madre. Al observar la talla a la que los delfines pequeños empiezan a asociarse los unos con los otros, en lugar de con delfines de talla adulta, se hizo una estimación de la talla en la que los delfines jóvenes se vuelven independientes de su madre. Por consiguiente, los delfines que medían menos de 156 cm fueron considerados, en este estudio, como cachorros.

Se podría esperar que se encontraran los cachorros en medio de la manada para ser protegidos. Cada manada fue dividida en tres sectores, central, periferia del frente y periferia de retaguardia, conteniendo cada sector una cantidad igual de delfines y se compararon las cantidades de cachorros en cada sector. Una prueba

del ji cuadrado indicó que no había diferencia significativa entre los sectores de las nueve manadas combinadas. Sin embargo, la agrupación de cachorros fue evidente según los gráficos y esto podría producir resultados significativos en sectores particulares de manadas particulares.

Se puede aplicar también la fotogrametría a otras fases de la estructura de las manadas. Actualmente los estudios incluyen (1) el análisis del espaciamiento de los delfines en las manadas, (2) los análisis del vecino más cercano para determinar la relación entre un delfín de una talla determinada y las tallas de los tres vecinos más cercanos, (3) el examen del grado de la homogeneidad de talla entre los diferentes subgrupos en las manadas y (4) la descripción de los patrones espaciales de los delfines manchados y tornillo en manadas de especies mixtas.

### ***Cambios en el comportamiento con relación al tiempo***

Los pescadores atuneros han observado que el comportamiento de los delfines ha cambiado durante los años, presumiblemente como resultado de la presión de pesca de los barcos atuneros. En las zonas en las que se ha pescado durante muchos años, era antes muy fácil agrupar y capturar los delfines, pero ahora son más difíciles de capturar algunas especies. Sin embargo, en las zonas en las que la pesca es relativamente nueva, sigue siendo relativamente fácil capturar delfines. Se han observado también los cambios con relación al tiempo del comportamiento de los delfines dentro de la red.

Con el fin de examinar los cambios en el comportamiento de los delfines dentro de la red, se hizo un estudio preliminar de los datos de los observadores, el que indicó que la mortalidad por lance de los delfines manchados en una zona determinada se relacionaba inversamente al esfuerzo de pesca en esa zona. Aunque existen varias formas de explicar esta observación, una explicación probable es que los delfines en zonas fuertemente explotadas de pesca han aprovechado la experiencia obtenida en los lances que se ha hecho sobre ellos, aprendiendo cierto comportamiento que reduce su mortalidad.

Se investigó esta posibilidad en el comportamiento de los delfines, al comprobar los efectos del viento, la corriente, cantidad de luz diurna y zona. Se examinaron los comentarios sobre el comportamiento de los delfines manchados (*Stenella attenuata*) y de los delfines tornillo (*S. longirostris*) anotados durante 1979-1984, por los técnicos científicos. Se clasificó luego el comportamiento en una escala de 1 a 4, de acuerdo al nivel de actividad después del cercamiento, siendo 1 el menos activo. Las zonas seleccionadas, escogidas de acuerdo a los límites geográficos del stock y a los patrones del esfuerzo de pesca se presentan en la Figura 32.

Los efectos en el comportamiento del viento, la corriente y luz diurna, no fueron típicamente significativos, aunque ocasionalmente se vió una ligera significación en una especie o stock particular en una zona particular. Sin embargo el efecto de la zona en el comportamiento, fue altamente significativo tanto en los delfines manchados como en el stock de los delfines tornillo panza blanca. Sin embargo, no se encontró que fuera significativo en el stock de los delfines tornillo oriental.

Como se esperaba por el estudio preliminar, los resultados indicaron que en las zonas con un esfuerzo elevado de pesca, el promedio de mortalidad por lance de los delfines manchados y de los delfines tornillo panza blanca era relativamente bajo (Tabla 9). En esas zonas los delfines fueron menos activos que en las zonas en donde el esfuerzo de pesca era inferior (Figura 33). Estos resultados indican que los delfines manchados y tornillo panza blanca, los que son relativamente ingenuos a las faenas de pesca, son más vulnerables a la mortalidad, a causa de su comportamiento más activo dentro de las redes. Sin embargo, con más experiencia en el procesamiento de pesca, se vuelven menos activos. Sin embargo, los niveles de actividad y la mortalidad (Tabla 9) de los delfines tornillo oriental fueron aproximadamente iguales en las Zonas 2 y 4, aunque el esfuerzo de pesca fue mayor en la Zona 2.

### **CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1985 Y PERSPECTIVAS EN 1986**

Los investigadores de la CIAT tienen la responsabilidad de supervisar las fluctuaciones de la abundancia de los atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental y determinar las consecuencias que tiene la intervención del hombre sobre su abundancia. La información científica obtenida cada año por los investigadores se utiliza para recomendar la conservación de estas especies y se presenta oralmente y mediante documentos básicos en las reuniones de la Comisión. Con el fin de divulgar esta información al público en general, se compendia en este informe anual.

### **ATUN ALETA AMARILLA**

La condición de los recursos del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, se calcula mediante la aplicación de los modelos de producción y de la estructura de la edad, basados en los datos recolectados por los investigadores de la CIAT. Estos resultados se presentarán en forma abreviada y se examinarán luego las condiciones del recurso en 1985 y las perspectivas de 1986.

#### ***Modelos de producción***

Cuando una población de peces no ha sido expuesta a la pesca, se encuentra en su magnitud óptima según lo permitan las condiciones ambientales. La falta de alimento, de espacio habitable conveniente, la presencia de depredadores, etc., impide que la población se desarrolle más allá de ese máximo. Se dice que la población está en equilibrio cuando el aumento de la población debido al reclutamiento y el crecimiento se compensa a la larga por la pérdida causada por la mortalidad natural. Puede que haya años en que las condiciones ambientales sean especialmente favorables y la población sea superior a lo normal y años en que las condiciones ambientales sean especialmente pobres, en los que la población es inferior a lo normal, pero éstas se pueden ignorar cuando se consideran las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras empiezan a explotar la población, la

captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone sea proporcional a la magnitud de la población sería inicialmente bastante elevada, ya que la población estaría al máximo. El incremento de la población seguiría incluyendo el reclutamiento y el crecimiento, pero las pérdidas de la población incluirían no solamente la mortalidad natural, pero también la mortalidad por pesca. Por consiguiente, se reduciría la población. Debido a esta reducción, los índices de reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural cambiarían, excediendo la ganancia de los dos primeros la pérdida del último. Si las embarcaciones cesaran de pescar, esta ganancia neta causaría que la población alcanzara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproxima a esa magnitud, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural se aproximarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta igualar los anteriores cuando se inició la pesca. En esta forma, se restauraría la población a la condición de equilibrio, a su magnitud máxima. Sin embargo, si las embarcaciones continúan pescando al mismo nivel, la población eventualmente llegaría a equilibrarse a diferentes índices de reclutamiento, crecimiento o mortalidad natural, alcanzando la población una magnitud inferior a la magnitud original de la misma. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si solo hubiera una pocas embarcaciones, la magnitud de la población se reduciría solo un poco y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubiera muchos barcos se reduciría considerablemente la población y la CPUE sería muy inferior.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, los incrementos módicos del esfuerzo compensarían en exceso las reducciones correspondientes a la CPUE (lo que daría como resultado capturas mayores), pero este no sería el caso si se aumentara el nivel del esfuerzo. A cierto nivel intermedio del esfuerzo el producto estaría a su máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un promedio máximo constante de producción (PMCP) de peces (que es el objetivo declarado en el convenio de la CIAT) el esfuerzo de pesca debería mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo inferior (suponiendo que el precio permanezca constante) y si el objetivo es que haya un empleo máximo de pescadores, el esfuerzo debe ser algo más elevado. Si el esfuerzo es inferior a cualquier óptimo seleccionado, se diría que la población ha sido subexplotada y si el esfuerzo es superior a ese óptimo se diría que la población ha sido explotada en exceso.

Es más fácil considerar las relaciones recíprocas del esfuerzo, la captura y de la CPUE en condiciones equilibradas, pero se debe reconocer que no siempre existen tales condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra equilibrada cerca al máximo y aumenta repentinamente el esfuerzo, la CPUE se reduciría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE inferior. Las capturas serían superiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio. Igualmente, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentaría gradualmente durante un período antes



de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE superior. Las capturas serían inferiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio.

Es apropiado examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción referentes al recurso del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. En el análisis anterior se analizó “una población de peces”. Los modelos de producción no pueden aplicarse a no ser que haya relativamente poco intercambio entre los peces de la zona de estudio y las zonas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio del aleta amarilla en el ARCAA y la zona fuera de ésta (Figura 1) y los resultados han sido analizados en informes anuales previos de la CIAT. En resumen, los resultados indican que existe algún intercambio de peces entre las dos zonas, pero no lo suficiente como para impedir el uso del modelo.

Si se supone que los modelos de producción son aplicables, se puede descubrir esto (1) solo si hay datos de captura, esfuerzo y de la CPUE de una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca incluyendo preferiblemente los que corresponden al sector de la sobreexplotación en la curva y (2) solo si las perturbaciones causadas por las fluctuaciones de las condiciones ambientales no son tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente causados por las fluctuaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que se dispone de datos con un amplio margen de niveles del esfuerzo de pesca. Se han estudiado y examinado los efectos de las condiciones ambientales en informes anuales previos de la CIAT. Hasta donde se puede determinar, estos efectos se compensan comúnmente durante períodos relativamente cortos, así que en la mayoría de los casos se pueden ignorar sin que esto incapacite el uso del modelo. Sin embargo, el período comprendido entre la última parte de 1982 y comienzos de 1984, incluye las condiciones más fuertes del Niño que se hayan jamás registrado, así que merece un interés especial observar qué consecuencias tuvo este fenómeno sobre la pesca. En la XLI reunión de la CIAT en octubre de 1983, los delegados solicitaron que el Director preparara un informe especial sobre este tema. El lo hizo y en 1984, entregó este informe a los delegados.

Se ha mencionado el esfuerzo, pero hasta ahora no se ha hablado de que existen varias clases de esfuerzo, es decir, el esfuerzo de las embarcaciones de carnada, de los cerqueros y palangreros, además del esfuerzo aplicado por embarcaciones con diferentes capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no se pueden sencillamente combinar las diferentes clases de datos sobre el esfuerzo para obtener el esfuerzo total. Existen dos opciones. Primero se pueden considerar solo los datos de una clase de arte, comúnmente la más predominante. Esta se llamará clase normal. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, provee una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase normal. Segundo, se puede estimar la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase normal y luego puede obtenerse el esfuerzo normalizado de cada clase al ajustar los datos del esfuerzo bruto por los factores apropiados. Luego pueden sumarse los datos del esfuerzo bruto de la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. Los investigadores de la CIAT han escogido la primera opción y varias

combinaciones de las dos opciones. Se ha calculado respectivamente el esfuerzo normal y no normal en días de pesca y en días normalizados de pesca, y se refiere a la correspondiente CPUE como captura por día de pesca (CPDP) y captura por día normal de pesca (CPDNP).

El modelo simétrico de producción se aplicó primero a los datos de la captura, el esfuerzo y la CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período de 1934-1955, lo que suministró una amplia serie de datos del esfuerzo que corresponde al sector de la subexplotación en la curva. Estos datos indicaron que dentro de los límites del esfuerzo pesquero del que se tenían datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961, el esfuerzo, por primera vez, fue superior al óptimo y la población reaccionó en los años siguientes con capturas y CPUE inferiores, lo que indicó aún más que podía aplicarse el modelo.

La pesca antes de mediados de los años sesenta se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en los alrededores de unas pocas islas y bancos lejos de la costa. Sin embargo, a mediados y fines de la década de los sesenta, la flota pesquera empezó a aumentar en magnitud pescando más lejos fuera de la costa. Las zonas de bajura y altura, denominadas respectivamente Zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 1. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMCP de las dos zonas combinadas sería igual solo al de la Zona A1, pero si no hay intercambio, el PMCP de las dos zonas combinadas sería la suma de los PMCP individuales de las dos zonas. Los estudios han indicado que el intercambio de peces es relativamente lento entre las dos zonas, así que el PMCP de toda el ARCAA es superior al de la Zona A1, pero inferior a la suma de los PMCP individuales. Estos estudios han sido descritos detalladamente en informes anuales previos de la CIAT.

Como se mencionó anteriormente se necesitan datos que abarquen una amplia distribución del esfuerzo con el fin de estimar el PMCP y el correspondiente esfuerzo y la CPUE. En 1968, después de demostrarse que la estimación del PMCP calculada en la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los delegados autorizaron que los investigadores emprendieran un programa experimental de sobrepesca con el objeto de poder obtener tan pronto como fuera posible una estimación del PMCP en el ARCAA. Esto fue necesario debido a que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los pocos años en los que se había extendido la pesca mar afuera. Si se excedían los niveles óptimos del esfuerzo se reduciría la captura o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta poder obtener una estimación lo suficientemente buena del PMCP. Sin embargo, esto toma mucho tiempo ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también debido a que las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se examinará ahora la condición actual del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, según ha sido determinada por el análisis de los modelos de producción.

Existen varios factores que no han sido mencionados en este informe que afectan aparentemente el modelo. Estos han sido examinados en informes anuales previos de la CIAT, así que no se mencionarán de nuevo. Debido a la naturaleza complicada de la pesca y a los cambios rápidos ocurridos en los últimos años, se han realizado bastantes experimentos en la selección y preparación de los datos y procedimientos matemáticos que se han de emplear en el análisis de los datos de captura, esfuerzo y CPUE. Se examinan en este informe solo los cuatro métodos a los que se les ha dado más importancia en 1985. Dos métodos emplean el modelo logístico, en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo es lineal. Los otros dos emplean el modelo general de producción de la población, en el que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo no necesita ser lineal. En todos los métodos se usan solo los datos del esfuerzo y de la CPUE (CPDP) equivalentes a los barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). (En años anteriores se empleó un tercer método, en el que se usaba el modelo logístico y los datos normalizados de acuerdo a la clase 3 de barcos (101-200 toneladas de capacidad). Sin embargo, debido a la escasez de barcos de la clase 3, se presentan en este informe solo los datos de la clase 6).

En la Tabla 10 se presentan las cuotas, las capturas y los datos de la CPDP del ARCAA y de la parte exterior de esta zona, correspondientes al período de 1967-1985. Las curvas de producción equilibradas y los puntos "observados" que representan la captura y el esfuerzo sin equilibrar se presentan en la Figura 35. Los valores "observados" de la CPDP, calculados usando los parámetros de la Figura 35, no son idénticos a los valores de la CPDP de la Tabla 10 debido a que se han hecho ajustes para compensar los efectos de las reglamentaciones en la CPDP durante el segundo semestre del año, *etc.* En las dos curvas superiores, se fijó el coeficiente de capturabilidad  $q$  igual a 0.000039, la estimación obtenida previamente con datos de años anteriores, lo que indica que la capturabilidad de peces de diversas edades en la pesca no ha cambiado con el tiempo. En 1984, se calcularon las curvas equivalentes a las dos curvas inferiores. Durante este proceso no se aplicaron límites a  $q$ , es decir, se volvió a estimar al calcular los otros parámetros. En este análisis se fijó el valor de  $q$  igual a los valores obtenidos en 1984, pero se volvieron a calcular de nuevo las sumas de los cuadrados usando un año más de datos y algunas correcciones de los datos de años anteriores. Los datos de estas cuatro curvas son:

<b>m</b>	<b>q</b>	<b>Rendimiento máximo constante en miles de toneladas americanas</b>	<b>Suma de cuadrados (<math>\times 10^{-9}</math>)</b>
2.0	0.000039	175	1.189
0.8	0.000039	173	1.259
2.0	0.000034	172	1.218
0.8	0.000021	152	1.492

$m$  es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hace que la curva sea asimétrica hacia la derecha y los valores superiores a 2 la hace asimétrica a la izquierda. La suma de los cuadrados es una

medida de la bondad del ajuste de los puntos a la curva, indicando los valores más bajos de la suma de los cuadrados, mejores ajustes y viceversa. Las sumas de los cuadrados se examinan detalladamente más adelante.

En tres de los cuatro métodos se estima que el PMCP es de unas 175 mil toneladas, igual a como se estimó en años anteriores. En los recuadros 1, 3 y 4 de la Figura 35 los puntos de 1976-1981, se ubican a la derecha del punto máximo de la curva y en el recuadro 2 el caso es el mismo para los puntos de 1978, 1979 y 1981, lo que indica que el esfuerzo en esos años excedió la cantidad necesaria para lograr el PMCP. Las capturas tendieron a reducirse durante esos años, lo que señala que el modelo de producción que se acaba de examinar logró describir razonablemente bien la condición del stock de aleta amarilla en lo referente a las consecuencias de pesca. Los niveles actuales del esfuerzo son casi óptimos en todos los casos, excepto por el indicado en el recuadro 2. No es aún evidente cuál de los dos modelos, el simétrico o el asimétrico describe mejor la dinámica del stock de esta especie. Los datos acumulados en los últimos años hasta 1984, parecen apoyar lo último, siendo 0.8 la “mejor” estimación de  $m$ , pero cuando se agreguen los datos de 1985, es evidente que las sumas de los cuadrados son inferiores en las formas simétricas del modelo y es dudoso cuál valor de  $m$  es el “mejor.”

El recuadro superior de la Figura 36 presenta los valores de la CPDP de 1968-1985. El recuadro medio de esa figura presenta un índice de abundancia basado en el modelo del “tiempo de búsqueda” (CIAT, Boletín, Vol. 18, No. 4) que es similar al modelo de la CPDP. Los índices de la biomasa de la abundancia del aleta amarilla, derivados según los análisis de la cohorte descritos más adelante, se presentan en el recuadro inferior de la Figura 36. El tiempo de búsqueda y los índices de la cohorte indican menos reducción en el período de 1970-1980, que el indicado por los índices de la CPDP, y el índice de la cohorte indica que ha habido una recuperación mayor desde 1980.

Los resultados anteriores se examinarán más detalladamente en la sección titulada *Condición del stock en 1985 y perspectivas en 1986*.

### ***Modelos de la estructura de la edad***

Los modelos de la estructura de la edad, en contraste a los modelos de producción emplean los datos de peces individuales en lugar de toda la población. La entrada de los datos en los modelos estructurados según la edad está formada por las estimaciones del reclutamiento, crecimiento y de la mortalidad natural y por pesca. Los estimativos de estos parámetros se obtienen mediante los análisis de los datos sobre la distribución frecuencia-talla de los peces en la captura, suplementados por los datos de la devolución de marcas y otros datos de varias clases. El personal de la CIAT ha obtenido desde 1954, datos sobre la composición de talla de las capturas del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental y ha tenido además, acceso a datos análogos obtenidos en 1951-1954, por el California Department of Fish and Game.

#### ***Modelo del rendimiento por recluta***

El análisis estructurado según la edad que se emplea más comúnmente, es

el modelo del rendimiento por recluta. Si una cohorte sin explotar de juveniles o de peces jóvenes adultos se encuentra en una zona, aumenta primero su peso total a medida que los peces crecen rápidamente (el aumento en peso durante un período determinado, dividido por el peso inicial), mientras que las pérdidas debidas a la mortalidad natural son moderadas. Más tarde, sin embargo, cuando los peces envejecen, el índice de crecimiento es más lento, mientras la mortalidad natural continúa siendo moderada. Así que en esa época las pérdidas con relación al peso total debidas a la mortalidad natural, son superiores a las ganancias debidas al crecimiento y hay una pérdida neta con relación al peso total. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal para obtener el rendimiento máximo en peso de una cohorte de peces (si se supone en este estudio, que este es el objetivo de la administración) sería pescar cada pez justamente antes de que muriera debido a causas naturales. Naturalmente, ésto es imposible. La mejor opción, después de ésto, sería capturar todos los peces (que no han muerto) al alcanzar la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en que la pérdida con relación al peso total debido a la mortalidad natural, compensa exactamente la ganancia proveniente del crecimiento. Esto es posible en algunos animales, como son las ostras o almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden capturarse allí fácilmente. Cuando el encargado de un banco de ostras o almejas lo vigila a intervalos frecuentes y saca los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, esta labor produce una cantidad ilimitada de mortalidad por pesca de los animales que han alcanzado esa talla. Es evidente que esta opción no es práctica con respecto a la mayoría de las especies de peces.

Parece, instintivamente, que si no es posible la segunda opción, se deben pescar al principio peces que no han aún alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera opción y la única práctica con referencia a la mayoría de las especies de peces. Se supone, por el momento, que la edad de entrada (es decir, la edad correspondiente a la talla mínima de los peces capturados) puede controlarse eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es elevado, se seleccionaría una edad de entrada solo un poco inferior a la edad crítica, la mayor parte de los peces capturados estarían cerca a la talla y edad crítica, y el rendimiento sería casi tan elevado como sería bajo en la segunda opción. Si el esfuerzo de pesca es más bajo, se seleccionaría una edad de entrada considerablemente inferior a la edad crítica, los peces capturados exhibirían una fluctuación mayor en edades y tallas, y el rendimiento sería considerablemente inferior a lo que sería bajo la segunda opción (pero seguiría siendo el máximo posible sin aumentar el esfuerzo).

Sin embargo, puede que no sea posible controlar eficazmente la edad de entrada. Si es así, la única manera de administrar la pesca es controlando el esfuerzo. Si la edad de entrada es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si la edad de entrada es inferior a la edad crítica, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

No se ha mencionado hasta ahora, que se debe permitir por lo menos una vez, la reproducción de algunos de los ejemplares de una cohorte de peces, antes de que se capturen. Si el desove ocurre mucho antes que el pez alcance la talla crítica, probablemente no hay peligro desde ese punto de vista, pero si el desove no ocurre

sino después que los peces hayan alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores se reduzca tanto, que se reduciría también el reclutamiento en los años siguientes. (No debe suponerse, sin embargo, que una modesta reducción de reproductores disminuiría el reclutamiento en los próximos años, ya que parece que éste no es el caso en la mayoría de las especies de peces). El modelo del rendimiento por recluta, como se describe aquí, no toma en cuenta la posibilidad de una reducción en el reclutamiento, pero éste forma parte integral de los modelos de producción.

Además, no se ha mencionado que el crecimiento individual de los peces puede ser más lento o que el índice de mortalidad natural pueda ser mayor cuando una población de peces es densa que cuando no lo es. Por consiguiente, puede que la pérdida debida a la captura de algunos peces de una talla inferior a la talla crítica, se compense al menos parcialmente por el rápido crecimiento o la poca mortalidad natural del resto de los peces. Además, si los índices de crecimiento o de la mortalidad natural se encuentran afectados por la densidad de la población, la talla y la edad crítica han de variar de acuerdo a la densidad de la misma. Tampoco se considera este problema en el modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, pero forma parte integral de los modelos de producción.

Al proseguir ahora con el aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural, que los investigadores de la CIAT han obtenido no son tan confiables como se desearía, pero se estima que la talla crítica es aproximadamente de 111 cm (62 libras o 28 kg). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son considerablemente inferiores a la talla crítica. Cuando la mayor parte de la flota atunera fue reacondicionada de la pesca con carnada a la pesca con redes de cerco a fines de los años cincuenta y al comienzo de los sesenta, el promedio de talla de los peces en la captura aumentó, siendo muchos de ellos aproximadamente iguales o más grandes que la talla crítica. El promedio anual de captura del aleta amarilla ha sido considerablemente superior después del período del reacondicionamiento de los cerqueros que durante el período previo. Como se indicó antes, la expansión mar afuera de la pesca a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en el aumento de las capturas, pero el incremento en el promedio de talla de los peces capturados puede haber sido en parte responsable por el aumento.

Como se declaró anteriormente, el objetivo administrativo, determinado por el convenio de la CIAT, es obtener el PMCP. El rendimiento máximo por recluta es equivalente al PMCP, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 37 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Varias de las combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta, los que se indican mediante curvilíneas. Los cálculos se basan en un coeficiente de la mortalidad natural de 0.8 (cerca del 55 por ciento anual si no hubiera mortalidad por pesca) y los siguientes coeficientes de la mortalidad por pesca:

Cohorte	Período	Peso	Coefficiente anual de la mortalidad por pesca
X	Primer trimestre del primer año civil en la pesca	3.2-4.6 libras (1.5-2.2 kg)	0.3 (índice de explotación del 18 por ciento)
X	todos los trimestres siguientes	4.6-200 libras (2.2-90 kg)	0.6 (índice de explotación del 32 por ciento)
Y	tercer trimestre del primer año civil en la pesca	3.2-4.6 libras (1.5-2.2 kg)	0.2 (índice de explotación del 13 por ciento)
Y	cuarto trimestre del primer año civil en la pesca	4.6-6.5 libras (2.2-3.1 kg)	0.6 (índice de explotación del 32 por ciento)
Y	todos los trimestres siguientes	6.5-200 libras (3.1-90 kg)	0.8 (índice de explotación del 40 por ciento)

(Las cohortes X e Y se definen en la sección titulada Análisis de la biomasa). Estas son las condiciones que parecen describir mejor la pesca durante el período de 1980-1983, cuando no hubo reglamentaciones de pesca y se aplicó más esfuerzo hacia el atún aleta amarilla pequeño, de lo que fue el caso a fines de los años sesenta y al principio de los setenta. En 1984 y 1985, la pesca cambió, capturando de nuevo peces más viejos, como puede verse por las Figuras 41 y 47. Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.5, 0.1 y 2.0 representan los valores del esfuerzo, aproximadamente de la mitad de, igual a y el doble del promedio de los valores del esfuerzo de 1980-1983. Un multiplicador de aproximadamente 1.0 corresponde al valor del esfuerzo de 1985. Sin embargo, ya que ha cambiado la mortalidad por pesca a edad específica, se encuentran en la captura más peces viejos y menos jóvenes. El rendimiento máximo por recluta se obtiene con un peso de entrada de 10, 20, 32, 38 y 41 libras (4.5, 9.1, 14.5, 17.2 y 18.6 kg) de los respectivos multiplicadores de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0. Con una cantidad infinita de esfuerzo el peso óptimo de entrada sería 62 libras (28 kg) el peso crítico, y el rendimiento por recluta sería de 8.7 libras (3.9 kg). Si se aumentara el esfuerzo al nivel de 1979 (multiplicador de 1.6) con una talla de entrada de unas 30 libras (13.6 kg), el rendimiento por recluta sería de unas 7.3 libras (3.3 kg). Estas relaciones se presentan en la Figura 37. En la Figura 38 se presenta en otra forma el hecho de que el beneficio logrado al proteger los peces jóvenes aumenta en proporción al incremento del esfuerzo.

La descripción anterior incluye la suposición implícita de que si se altera la edad de entrada, la distribución zonal del esfuerzo de pesca no cambia. Este sería el caso si la pesca maniobrara de la siguiente manera. Primero, cuando la edad de entrada fuera baja, las embarcaciones buscarían cardúmenes de peces y encontrarían algunos formados por pequeños peces y otros por peces grandes y realizarían lances sobre ambos. Más tarde, cuando aumentara la edad de entrada, los barcos buscarían en la misma forma de antes, pero solo harían lances en cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia los peces grandes sería igual en el segundo período y en el primero. Sin embargo,

se cree que si por alguna razón se aumentara la edad de entrada del aleta amarilla, los pescadores tratarían de buscar menos en los estratos de tiempo y zona que tuvieran preponderancia de peces pequeños y más en aquellos que tuvieran preponderancia de peces grandes, así que el esfuerzo de pesca aumentaría sobre los peces grandes. En general, ésto probablemente aumentaría el rendimiento por recluta más de lo indicado en las Figuras 37 y 38. Puede que ésto ya esté sucediendo.

### ***Análisis de la biomasa***

Además de los estudios del modelo del rendimiento por recluta, los investigadores de la Comisión han realizado análisis sobre la biomasa estructurada según la edad. Como un primer paso, los peces en la captura deben asignarse a cohortes. (Una cohorte está formada por todos los peces reclutados al mismo tiempo en la pesca, como la cohorte X68 que entró primero en pequeñas cantidades a la pesca durante el primer semestre de 1968 y contribuyó significativamente a ella por primera vez durante el segundo semestre de ese año y la cohorte Y68 que entró por primera vez en pequeñas cantidades en la pesca en el segundo semestre de 1967, contribuyendo por primera vez significativamente a ella en el primer semestre de 1968. Se ha estimado que el reclutamiento de las cohortes X e Y son en promedio iguales (Tabla 11). Luego se hacen las estimaciones de las cantidades de peces de cada cohorte en el momento del reclutamiento y luego a varios intervalos, y de las cantidades de peces que se capturan y mueren durante cada intervalo. Estas cantidades se convierten a peso según los datos del peso promedio de peces de diferentes tallas para calcular las estimaciones de la biomasa. La información que se necesita en estos cálculos incluye la cantidad y el promedio de peso en la captura de los peces de cada cohorte, una estimación del índice de la mortalidad natural (o las estimaciones de una serie de índices si la mortalidad natural no es constante en los peces de diferentes edades) y una estimación del índice de la mortalidad por pesca, al menos en un intervalo de captura de cada cohorte. Todos estos cálculos se obtienen según el análisis de los datos de las estadísticas de captura, de la frecuencia de talla y peso-talla. Los resultados de estos análisis no son tan precisos como se desearía porque aunque los peces de las diferentes cohortes pueden distinguirse los unos de los otros cuando son jóvenes, es cada vez más difícil a medida que crecen, así que probablemente se asignan los peces más viejos a cohortes erradas. Consecuentemente, no solo las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte son menos precisas de lo que se desearía, pero las estimaciones de los índices de mortalidad son en cierta forma crudas. Se emplea específicamente una estimación de 0.8 para el índice anual instantáneo de la mortalidad natural, pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo superior en los peces más jóvenes e inferior en los más viejos. Además, la capturabilidad de los peces varía de acuerdo a la edad, zona, temporada, tiempo y otras circunstancias y ésto presenta en los cálculos interferencia y posiblemente también sesgo.

Se han realizado los análisis de la biomasa de la estructura de la edad de las temporadas de 1964 a 1985. En la Tabla 12 se presentan las estimaciones trimestrales de las cantidades normales de peces por grupos de edad desde 1968 hasta 1985, y en la Figura 39 se presentan estimaciones anuales del promedio



de la biomasa, por grupos de edad, desde 1967 hasta 1985. Se estimaron diferentes índices "iniciales" de la mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez diferentes cohortes, basados en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, con fines comparativos se hicieron los cálculos de todas las cohortes con índices iniciales más elevados y bajos que aquellos considerados como los mejores estimativos. Los resultados indicaron que estos índices iniciales pueden influir en las conclusiones generales, especialmente con referencia a las condiciones actuales del stock.

En la Tabla 12 se presenta, en cantidades de peces, el promedio estimado de la magnitud de la población de cualquier cohorte. Por ejemplo, en la cohorte X68, el promedio fue de 24,724,000 peces de 1 año en el primer trimestre de ese año y la población de esa cohorte tuvo respectivamente en el segundo, tercero y cuarto trimestre de ese año un promedio de 20.2, 16.4 y 13.2 millones de peces (línea de 1968, 1 columna). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de esa cohorte fue respectivamente del primero al cuarto trimestre 10.4, 8.0, 6.3 y 5.1 millones de peces (línea de 1969, II columna) y así sucesivamente. El promedio de la cantidad de peces de 1, 2, 3 y 4 años de edad de las cuatro cohortes X (1968, 1967, 1966 y 1965) fue respectivamente en el primer trimestre de 1968, 24.7 millones, 8.3 millones, 3.6 millones y 0.1 millones (primera línea de 1968). Esta situación es igual en cuanto a las cohortes X y las cohortes Y, excepto que existe una columna 0 de peces más jóvenes, ninguno de los que se supone sea capturado antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 12 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad ninguno de los cuáles puede asignarse a las cohortes y se estimó indirectamente la magnitud de la población según los datos de captura y las estimaciones de la mortalidad de peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a las cohortes X y la mitad a las cohortes Y.

El número de reclutas de cada cohorte en 1967-1985 (es decir, el promedio de la cantidad de los trimestres iniciales) se enumera en la Tabla 11. Estos promedios anuales de las cohortes X e Y son casi iguales, 23 millones en la cohorte X y 26 millones en la cohorte Y. La variabilidad entre los años es superior en la cohorte Y (3.6) que en la cohorte X (2.3) y la de los datos combinados (2.9) es intermedia. Aunque el reclutamiento es variable no existe una tendencia evidente del reclutamiento sobre el tiempo.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando con el trimestre en el que se reclutan en la pesca es:

Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	Libras	Kg	Trimestre	Libras	Kg	Trimestre	Libras	Kg
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19+	157.0	71.2

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 12 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (promedio del peso total durante cuatro trimestres) de cada cohorte. Estos datos se presentan en la Figura 39. Es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes según esta figura. Por ejemplo, las cohortes X68 e Y68 (líneas diagonales) fueron ambas relativamente fuertes, porque aunque hubo una gran captura de estas cohortes en 1968, cuando los peces fueron pequeños su biomasa permaneció elevada en los años siguientes. La cohorte Y73, por otra parte, fue solamente normal, ya que después de haberse pescado fuertemente en 1973, su biomasa fue baja.

En la Figura 40 se presenta de 1968 a 1985, el promedio trimestral y el promedio anual de las estimaciones de la biomasa de todos los peces, omitiendo su edad y de "peces grandes" (todos los peces de la cohorte Y que estuvieron en la pesca más de seis trimestres desde el reclutamiento, más todos los peces de la cohorte X que estuvieron en la pesca más de ocho trimestres desde el reclutamiento). No se presentan los datos de 1964-1967, ya que durante ese período seguía desarrollándose la pesca en el ARCAA y las estimaciones de la biomasa de las cohortes durante esos años tienen un sesgo descendente. En 1968-1971, el promedio de la biomasa total fue aproximadamente 350 mil toneladas. Esta estaba formada por una gran proporción de peces más viejos procedentes de un reclutamiento elevado de peces de 1966 y 1967, habiendo sido poco explotados como peces jóvenes. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento en los índices de explotación durante 1969-1972, dió como resultado una reducción en la biomasa durante 1972 y 1973, tanto de peces jóvenes como viejos. La poca biomasa de peces más viejos persistió durante 1974, en cambio la abundancia de peces más pequeños empezó a aumentar en ese año como resultado de una generación extremadamente grande de 1974. Se puede considerar esa generación como productora de la mayoría del aumento en la biomasa de grandes peces a fines de 1975, todo 1976 y principios de 1977. La segunda captura más grande de aleta amarilla en el ARCAA en la historia de pesca se logró en 1976. El reclutamiento durante 1976 y 1977, inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de peces jóvenes desde 1973 hasta 1982, resultó en una reducción en la biomasa tanto de peces jóvenes como viejos en 1982, alcanzando los niveles más bajos observados en la pesquería. Aunque el reclutamiento de 1978 y 1979, fue grande (el de 1978 fue excedido solamente por el de 1974 y posiblemente por el de 1984) se capturaron tantos peces de 1 y 2 años de edad que no contribuyeron mayormente a la pesca de 1981 o 1982. El reclutamiento fue normal en 1980, algo superior al promedio en 1981 y 1983, un poco inferior al promedio en 1982 y muy elevado en 1984. La biomasa aumentó en 1983, debido principalmente a que hubo menos esfuerzo de pesca y tuvo un gran incremento en 1984, causado por el reclutamiento excelente y por la reducción en la pesca de peces jóvenes. Los beneficios del reclutamiento de 1984, continuaron en 1985, a pesar del gran aumento en la captura. Las estimaciones preliminares del reclutamiento en 1985, indican que fue aproximadamente normal.

Las capturas cerqueras (en toneladas americanas) de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante los 6 primeros meses de 1968-1985, se presentan en las Figuras 41 y 42. En la Figura 41 cada recuadro

incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 42 se incluyen las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

La comparación de las Figuras 39 (las estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y), 40 (las estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los peces grandes) y 41 y 42 (las capturas cerqueras durante los 6 primeros meses de cada año por edad y cohorte) revela los cambios que han tenido lugar en la composición de la edad de la población y la captura. En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era elevado, cada vez sobrevivieron menos individuos hasta alcanzar tallas grandes. El esfuerzo de pesca se redujo en 1982, 1983 y 1984, lo que permitió que crecieran muchos peces que se hubieran capturado cuando eran jóvenes. El análisis de la biomasa estructurado según la edad provee más luz sobre este tema. Se ha estimado la contribución total aportada a la pesca por cada cohorte X e Y (1967-1981) durante su ciclo de vida en ésta. Las sumas de las capturas estimadas de las cohortes combinadas, presentadas en la Tabla 12, fluctúan de 117 mil toneladas para la cohorte de 1967, a 268 mil toneladas para la de 1974, con un promedio de 157 mil toneladas correspondiente a los 15 grupos. Si la cohorte Y74, no se hubiera pescado tan intensamente en su primer año, las capturas de esa cohorte hubieran sido aún más elevadas. La división de las capturas de estas cohortes por las estimaciones correspondientes del reclutamiento (los valores de la Tabla 11 ajustados a las cantidades iniciales) dan estimaciones del rendimiento por recluta que varían de 4.3 a 7.4 libras (2.0 a 3.4 kg), mientras que el reclutamiento inicial varía de 32 millones a 92 millones de peces (promedios de 5.9 libras (2.7 kg) y 55 millones de peces). En el modelo del rendimiento por recluta se supuso que el reclutamiento ocurrió cuando pesaban aproximadamente 3 libras o 1.4 kg (40 cm) y la composición de talla en la captura fue similar a la de los años 1980-1983. Esto pronostica un rendimiento máximo por recluta de unas 5.5 libras (2.5 kg). (El rendimiento máximo por recluta de 5.5 libras en el período de 1980-1983, es inferior al valor observado de 5.9 libras en 1967-1981, debido a que la pesca dependía más en peces más pequeños durante el último período). El rendimiento por recluta observado en 1978, de las cohortes combinadas fue 5.5 libras y la composición de la captura (Figura 41) fue similar a la estimada en la composición de los años individuales de 1980-1983. El reclutamiento estimado de los últimos 5 años ha tenido un promedio de 62 millones de peces, que producirían cerca de 167 mil toneladas con un rendimiento por recluta de 5.4 libras. Se ha indicado en informes anuales previos de la CIAT que un cambio en el esfuerzo de pesca de peces pequeños a grandes, aumentaría el rendimiento por recluta y las capturas. Tal cambio ocurrió en 1985 y a los niveles actuales del esfuerzo, debe haber una gran ganancia debido a este cambio en la composición de talla de los peces en la captura. Si la pesca continúa capturando en su mayoría peces más viejos y si el esfuerzo permanece al mismo nivel o aumenta, debería haber un incremento sostenible en el rendimiento por recluta y en la captura.

### ***Condición del stock en 1985 y perspectivas en 1986***

#### ***En el ARCAA***

En la sección titulada *Modelos de producción* se examinan cuatro formas de

ese modelo. Dos de éstas son simétricas ( $m = 2$ ), una con  $q$  (el coeficiente de capturabilidad) fijada igual a 0.000039 y la otra con  $q$  fijada igual a 0.000034. Las otras dos son asimétricas ( $m = 0.8$ ), una con  $q$  fijada igual a 0.000039 y la otra con  $q$  fijada igual a 0.000021. El valor de  $q$  de 0.000039 es un estimado calculado hace ya varios años y los valores de 0.000034 y 0.000021 son los calculados en el informe anual de la CIAT de 1984. Los datos se suman en la tabla de la página 143 y en la Figura 35. En esa tabla las sumas de los cuadrados son las sumas de las diferencias al cuadrado de los valores esperados (calculados según los parámetros estimados del modelo) de los valores observados. Estas sumas de los cuadrados son los índices de los ajustes de los modelos con relación a los datos, correspondiendo las sumas inferiores de los cuadrados a mejores ajustes y viceversa. Se presentaron análisis semejantes en el informe anual de la CIAT de 1984. Los ajustes de 1984, fueron mejores para las dos formas sin restricción del modelo ( $q = 0.000034$  y  $0.000021$ ) que para las dos formas restringidas ( $q = 0.000039$ ). Esto no es sorprendente, en vista de que en varios años la mortalidad relativa por pesca a edad específica, ha estado evidentemente cambiando, es decir, formando los peces pequeños una porción mucho mayor en la captura desde mediados de los años setenta hasta comienzos de la década de 1980. Esto significa que  $q$  ha estado cambiando. Sin embargo, al ajustar de nuevo las cuatro formas del modelo con los datos de 1985, se obtienen resultados algo diferentes (Figura 35). Como se esperaba, las formas sin restricción del modelo (Recuadros 3 y 4) continúan dando estimaciones más bajas del PMCP, pero se obtuvieron las sumas mínimas de los cuadrados para las formas simétricas presentadas en los Recuadros 1 y 3, mientras que anteriormente la suma mínima de los cuadrados se obtuvo para la forma asimétrica presentada en el Recuadro 4. En la Figura 43 se presentan los valores observados y esperados de la CPDP de las formas asimétricas del modelo, correspondientes a los Recuadros 2 ( $q = 0.000039$ ) y 4 ( $q = 0.000021$ ). En ambos casos, los ajustes son relativamente pobres en 1968-1972 y relativamente buenos en 1973-1982. En 1983 y 1984, los ajustes del modelo con  $q = 0.000039$  (recuadro superior) son peores que los del modelo con  $q = 0.000021$  (recuadro inferior). Sin embargo, en 1985, el modelo con  $q = 0.000039$  se ajustó mejor a los datos que aquel con  $q = 0.000021$ . En ambos casos, los valores esperados son inferiores a los valores observados, pero en el recuadro inferior la diferencia es muy superior a la del recuadro superior—lo contrario a lo observado en 1984. Estos cambios en los niveles de confianza de una forma del modelo a otra indican la inestabilidad de la estimación de los parámetros sobre la amplitud de los datos observados en la pesca en los últimos años y destaca la necesidad de examinar los modelos estructurados de la edad como también los modelos de producción. Desde mediados de los años setenta hasta principios de los ochenta la flota concentró el esfuerzo cada vez más en peces más pequeños y esto probablemente redujo la potencialidad del rendimiento. Esto se refleja en los PMCP inferiores, estimados en las formas sin restricción del modelo (Figura 35, Recuadros 2 y 4). Sin embargo, en 1984 y 1985, el promedio de talla de los peces en la captura ha aumentado considerablemente, por dos razones. Primero, el promedio de talla de los peces en la población ha aumentado debido a que ha habido menos mortalidad por pesca en los dos años anteriores. Segundo, se han pagado a los pescadores precios mucho más elevados por atunes aleta amarilla más grandes que por

barrilete y atunes aleta amarilla pequeños, lo que ha disminuído el esfuerzo de pesca en zonas donde se captura aleta amarilla pequeño. El aumento en el promedio de talla de los peces en la captura y el buen reclutamiento en 1983 y 1984, ha incrementado evidentemente la productividad del stock.

En ambos casos descritos en la Figura 43 la CPDP pronosticada en 1983 y 1984, fue superior a la de 1982. La CPDP observada permaneció más o menos constante en 1982 y 1983, aumentando luego en 1984 y 1985. Existen varios factores responsables por este patrón. Primero, una gran parte de la flota, inclusive la mayoría de las embarcaciones de gran porte más eficaces, en 1983, realizaron sus maniobras de pesca solo en el Pacífico occidental, así que la flota que permaneció en el Pacífico oriental estaba formada por barcos probablemente menos eficaces (en término medio) que aquellos que formaban la flota unos pocos años antes. Segundo, puede que la capacidad de la flota que permaneció en el Pacífico oriental en 1983, para encontrar concentraciones de peces y permanecer allí hasta obtener grandes capturas, se haya perjudicado con relación a los años anteriores por falta de suficientes barcos que buscaran zonas en donde podían aparecer con más probabilidad los peces. Tercero, en 1983, se presentaron las condiciones más severas y esparcidas que jamás se hayan documentado del fenómeno del Niño.

Se examinó el primer punto antes mencionado en el informe anual de la CIAT de 1983. La CPDP de 15 barcos que pescaron en el Pacífico oriental desde 1979 hasta 1983, aumentó 29 por ciento con relación a 1982, indicando que hubo más abundancia de peces en 1983, que en 1982.

No se ha encontrado la manera de estimar el efecto de la reducción del poder de búsqueda en la media de la CPDP anual (segundo punto anterior) pero se cree, sin embargo que es real.

El tercer punto antes mencionado, se presenta en el informe anual de 1984. Cada fenómeno del Niño se manifiesta de una manera diferente y el examen de los datos obtenidos de pesca durante ese evento indican pocas pautas uniformes. Generalmente, se presenta en las zonas de captura del aleta amarilla y del barrilete una expansión hacia los polos y un hundimiento de la capa superior mixta. El reclutamiento que ha tenido un promedio de unos 50 millones de peces en los últimos 2 o 3 años, no indica tendencia alguna (Tabla 11), así que aproximadamente la misma cantidad de peces se distribuiría sobre una zona más amplia y la densidad, en promedio, sería inferior a través de su distribución. Además, las investigaciones anteriores del personal de la CIAT han indicado que se encuentra mejor pesca en donde la capa mixta es menos profunda, de manera que puede esperarse que la vulnerabilidad de los peces disponibles sería inferior a los años normales. Un examen de los datos indica que durante el Niño de 1982-1983, la capa superior mixta en la parte central de pesca, fue mucho más profunda que lo normal (Figura 44). Entonces, el efecto general de las condiciones recientes del Niño ha sido una reducción en la CPDP. En 1984, cuando el océano volvió a tener condiciones más o menos normales, la CPDP aumentó, aproximándose o excediendo los valores esperados en la Figura 43. La CPDP aumentó aún más en 1985.

Como ya se había observado, la CPDP elevada indica que el aleta amarilla ha llegado a su mayor abundancia desde principios de la década de 1970. Se

esperaba este incremento, debido a la poca captura de 1982 y 1983, lo que permitió que aumentara la población. Sin embargo, las CPDP en 1984 y 1985, han sido aún más elevadas de lo que se esperaba. Esto probablemente se debió al buen reclutamiento y al hecho que debido al precio bajo del barrilete y del aleta amarilla pequeño, se ha aplicado menos esfuerzo en las zonas donde aparece el barrilete. Se debe observar en este contexto que las estimaciones de abundancia del modelo de búsqueda (Figura 36, recuadro medio), que incluye un ajustamiento por el efecto del barrilete, indica un incremento mucho más pequeño en 1985, en comparación a 1984, que el de la estimación de la CPDP (Figura 35, recuadro superior).

Con el fin de comprender más fácilmente la relación entre un cambio en la talla de los peces y la producción potencial, se han incorporado en la Figura 45 los resultados obtenidos en los análisis del rendimiento por recluta y de la producción; una representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca. En esta figura se describen los efectos sobre la productividad del stock (en términos de diferentes tipos de modelos de producción) al cambiar la mortalidad por pesca a edad específica o al cambiar el promedio de talla de los peces en la captura. Las curvas representan la relación entre el esfuerzo de pesca y la productividad según varios niveles de la mortalidad por pesca a edad específica. Existe un valor máximo de producción en el plano XY que representa cada nivel, pero en alguna parte en el espacio XYZ hay un punto particular que representa el valor general de la producción máxima, y el plano XY que pasa a través de ese punto corresponde al nivel de la mortalidad por pesca a edad específica que puede resultar en una producción máxima.

En 1983 y 1984, tanto el esfuerzo de pesca como las capturas fueron inferiores a las cantidades que producirían el PMCP (Figura 35). Como resultado de esto hubo un aumento en la magnitud del stock a principios de 1985. La magnitud del stock en esa época fue aproximadamente del 10 al 69 por ciento superior a la magnitud óptima, depende de cuáles de las estimaciones de la productividad fueron usadas. A fines de 1985, las estimaciones de la magnitud del stock fluctuaron de menos del 12 por ciento a más del 45 por ciento del óptimo. Las estimaciones del PMCP en la página 143 fluctúan de 152 a 175 mil toneladas. En cuanto a la forma más conservadora del modelo (Figura 35, Recuadro 4) se estima que la magnitud del stock es un poco inferior al nivel óptimo, y se podrían pescar unas 150 mil toneladas en 1986, sin reducir aún más la abundancia. Con referencia a las otras formas del modelo, las capturas que harían que la magnitud del stock alcanzara su nivel óptimo son 191 mil toneladas (Recuadro 1), 224 mil toneladas (Recuadro 2) y 171 mil toneladas (Recuadro 3). Las formas del modelo con las sumas de cuadrados más bajas son aquellas de los Recuadros 1 y 3, lo que indica que el PMCP es de 172 a 175 mil toneladas y que la magnitud del stock que produciría esto, podría lograrse al capturar en 1986, de 171 a 191 mil toneladas.

Se debe destacar que las principales desviaciones en las condiciones ambientales cronológicas, como también en los patrones de pesca, hace que sea muy difícil evaluar el stock del aleta amarilla. A pesar de estos problemas, es posible seguir haciendo recomendaciones a los delegados con respecto a la pesca de 1986. Al considerar que a mediados de los años setenta hubo un cambio en la mortalidad por pesca a edad específica y que este cambio ha reducido el rendimiento por recluta

y la productividad del stock, conforme fue estimado por el el modelado de producción, es razonable suponer que el stock sería menos productivo que cuando el promedio de talla de los peces fue más grande. Sin embargo, desde 1983, el stock ha dado señales de volver a su condición anterior más productiva. A causa de ésto y debido a la forma más conservadora del modelo (Figura 35, Recuadro 4) es la que dá el peor ajuste de los datos, es decir, la mayor suma de cuadrados, se puede confiar más en las formas menos conservadoras del modelo. Como se mencionó anteriormente, teóricamente sería posible obtener capturas en 1986, hasta de 224 mil toneladas sin reducir la magnitud del stock a menos de su nivel óptimo. Sin embargo, no sería aconsejable tratar de hacer ésto, ya que la magnitud del stock se reduciría probablemente a menos de su magnitud óptima a no ser que el esfuerzo de pesca se distribuyera apropiadamente en tiempo y en espacio. Además, aunque los asuntos económicos no están dentro del dominio de los investigadores de la CIAT, tal vez se debe mencionar que si se obtuvieran capturas de esa magnitud en 1986, se reducirían probablemente tanto las CPUE en los años siguientes, que muchos dueños de barcos sufrirían quebrantos económicos. Por consiguiente, los investigadores recomiendan una cuota mínima de 175,000 toneladas en 1986. Como ya se dijo, la mejor estimación del modelado de producción (recuadro 1) indicó que el stock a fines de 1985, sería superior a la magnitud óptima necesaria para producir el PMCP. Se recomienda, por lo tanto, que se tomen medidas para aumentar la cuota mediante dos incrementos por un total de 30,000 toneladas.

En debates anteriores, se ha mencionado frecuentemente, que se podría aumentar la productividad del stock si se redujeran las capturas de peces pequeños. En realidad, se han reducido en 1985, estas capturas, debido a fuerzas económicas, pero no se puede garantizar que continúe la economía actual. Si aumenta la demanda de peces, aumentará también posiblemente, la captura de barrilete y de atunes aleta amarilla pequeños, a no ser que se opte por una acción administrativa que proteja los peces pequeños. Existen varios métodos probables para reducir las capturas de peces pequeños. Primero, se podría reducir el esfuerzo de pesca. Segundo, se podría fijar un límite mínimo de talla. Tercero, si en ciertas zonas predominan los peces pequeños durante ciertas temporadas, se podría limitar la pesca en esas zonas y en esas temporadas. Cuarto, si se supone que se pueda volver a instituir un sistema anual de clausura, la fecha de apertura de la temporada, podría cambiarse con el fin de reducir la cantidad de pesca durante algún período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. Con respecto a la primera opción, se ha indicado que la reducción de pesca durante el período de 1982-1984, ha incrementado el promedio de talla de los peces en la población, lo que ha aumentado su productividad. Sin embargo, el mantenimiento de una productividad elevada mediante una continua subpesca reduciría la producción anual, lo cuál probablemente no sería beneficioso para todos los interesados. En cuanto a la segunda opción, los análisis de la composición de talla indican, que existe, en general, una incidencia elevada de peces pequeños que se mezclan con peces grandes y de barrilete mezclado con atún aleta amarilla pequeño. Esto haría difícil el problema de proteger al aleta amarilla pequeño, porque puede que sean capturados en grandes cantidades por barcos que tratan de capturar atunes aleta amarilla y barriletes más grandes. Si no se pudieran descargar estos



aleta amarilla pequeños, se arrojarían de nuevo al mar ya muertos y se reduciría en lugar de aumentar el rendimiento por recluta. Respecto a la tercera opción, la veda de las zonas en donde el aleta amarilla pequeño es más abundante, podría aumentar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera maniobrar con éxito en zonas donde hay peces grandes, pero la reducción en las capturas de barrilete excedería probablemente el aumento en las capturas del aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en zonas en las que son más abundantes los aleta amarilla pequeños. En cuanto a la cuarta opción no parece que el cambio en la fecha de apertura de la temporada sea conveniente. En los primeros años del período en que fueron vigentes las vedas anuales, cuando la mayoría del esfuerzo de pesca se aplicaba durante el primer semestre del año, solo se obtenían pequeñas capturas de peces de la cohorte Y que entraban por primera vez a la pesca en el segundo semestre del año, cuando pesaban de 3.4 a 6.8 libras (1.5 a 3.1 kg). Se había pensado que esto se debía en su mayoría a la falta de vulnerabilidad de los peces de esta cohorte a la pesca. Sin embargo, durante los últimos años, hubo una fuerte pesca durante el segundo semestre del año y aumentó substancialmente la captura de peces de la cohorte Y entrante. Consecuentemente, los beneficios del cambio de temporada puede que no sirvan tanto para proteger los peces más jóvenes como se esperaba originalmente. Los investigadores no pueden recomendar actualmente ninguna de las medidas anteriores, a causa de que no se puede pronosticar el efecto que tengan tales reglamentaciones sobre la captura actual (no descargues) de peces pequeños.

#### ***Fuera del ARCAA***

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 1, Zona A3) desde 1968 (Tabla 10). En el primer semestre del año existe relativamente poca pesca allí, debido principalmente al mal tiempo. Cuando el tiempo mejora allí en mayo-junio o poco tiempo después, el ARCAA se encontraba vedada en la mayoría de los años a la pesca libre, desplazándose varios de los barcos de gran porte de la flota internacional fuera de la zona del ARCAA. Los experimentos de marcado han indicado que el índice de mezcla es poco entre esta zona y la del ARCAA, así que hasta ahora, se considera separadamente el aleta amarilla que habita en la zona fuera del ARCAA del que vive en el ARCAA.

En 1969, la CPDP fue superior a 18 toneladas, pero durante el período de 1970-1984, la CPDP fue más bien constante, entre 7 y 13 toneladas (Figura 46, recuadro superior). Los datos preliminares de 1985, indican que la CPDP fue de unas 19 toneladas, la más grande que se haya jamás registrado. La tendencia ascendente de la CPDP en 1983-1985, iguala la del ARCAA (Figura 36, recuadro medio). Se cree que esto se debe en gran parte a que las variaciones en el nivel de la termoclina que afectaron las CPDP en el ARCAA, afectaron también aquellas obtenidas fuera del ARCAA. En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.9 mil días y las capturas fueron menos de 31 mil toneladas (Figura 46, recuadro inferior). En el período de 1972-1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3.5 y 4.2 mil días y la última entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 a 1984, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, las capturas promediaron solo unas 20 mil toneladas, pero las CPDP se redujeron solamente un poco con relación a las de 1970-1976. Los datos preliminares indican



que la captura en 1985, fue de nuevo baja, pero la CPDP es la más alta que se haya jamás registrado. En el recuadro inferior de la Figura 46 es evidente que la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Si la forma logística del modelo general de producción expresa adecuadamente la relación entre la captura y el esfuerzo de la zona fuera del ARCAA, como se examinó anteriormente en la zona del ARCAA, parece entonces que la condición del stock corresponde al sector subexplotado de la curva de pesca. Así que actualmente no parece que exista una razón biológica para establecer límites en la captura o en la intensidad de pesca fuera del ARCAA.

Si los peces que habitan fuera del ARCAA forman parte del stock que aparece en el ARCAA, se esperaría que fuera del ARCAA hubiera habido en los últimos años, una reducción en la biomasa y en el promedio de talla de los peces fuera del ARCAA a mediados y fines de la década de 1970, cuando sucedieron estos cambios en el ARCAA. No es evidente según los datos de la CPDP que exista tal reducción en la biomasa fuera del ARCAA. El promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se redujo de unas 63 libras (29 kg) en 1972-1975, aproximadamente a 27 libras (12 kg) en 1979-1983, y luego aumentó a unas 65 libras (29 kg) en 1984, disminuyendo luego a una 64 libras (29 kg) en 1985 (Figura 47). Puede que la reducción general se deba al aumento en la mortalidad por pesca, pero puede que se deba también a los cambios en los métodos de pesca, es decir, se pescan más cardúmenes asociados con objetos flotantes y menos cardúmenes asociados con delfines. El aumento en 1984, se debió probablemente a la reducción de las capturas en 1982 y 1983, lo que permitió que crecieran más los peces. Debe supervisarse muy de cerca la pesca en la zona fuera del ARCAA con el fin de evaluar las varias posibilidades.

### **BARRILETE**

El barrilete ha sido durante muchos años la especie dominante en las capturas mundiales de atún. Este dominio continuó hasta 1983. Consecuentemente, la porción formada por el barrilete en la captura de las especies comerciales principales, aumentó en 1970, del 36 por ciento al 43 por ciento en 1983. En el Océano Pacífico, el barrilete es aún más importante, formando casi el 50 por ciento de la captura de las especies comerciales principales. En la Figura 48 se presentan, por zona, las capturas mundiales de barrilete. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son muy superiores a las del Océano Atlántico o Índico y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental excepto por aquellas de 1975-1981, han permanecido aproximadamente al mismo nivel durante el período de 1965-1983, en cambio las de las otras zonas se han más que duplicado.

Se encuentran grandes pescas de barrilete en el Océano Pacífico nordeste cerca a Baja California, las Islas Revillagigedo, la Isla Clipperton y en la parte sudeste del Océano Pacífico cerca a la América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y en las Islas Galápagos. La zona costera de aguas muy cálidas a la altura de México meridional que separa las dos áreas carece comúnmente de barrilete, pero en algunos años, como en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. En años normales, el mercado ha indicado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca

de barrilete en el Océano Pacífico oriental se explota más cerca al litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años se han obtenido porciones más grandes de barrilete en las capturas logradas más lejos mar adentro. En el Océano Pacífico central se encuentra una pesca menos importante de barrilete cerca a las islas hawaianas y la Polinesia francesa (las islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Más lejos al oeste, existen pescas más importantes de barrilete cerca a las Filipinas, Fiji, Indonesia, Japón, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, las Islas Salomón y muchas otras islas.

Las capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental varían considerablemente de un año a otro (Figura 48). Las capturas de la zona nordeste y sudeste se encuentran moderadamente bien correlacionadas las unas con las otras, pero en algunos años, por ejemplo 1970, la captura fue superior en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 49). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y desde esa época hasta el comienzo de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca a la costa, a la altura del Ecuador y en el norte del Perú. Sin embargo, a comienzos de la década de 1970, parece que el centro de abundancia del grupo sudeste se había cambiado a Colombia y la América Central y que a principios de los años ochenta, volvió a cambiar a Colombia y Ecuador.

En las Figuras 15 y 16 se presenta la composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Pacífico oriental desde 1978 hasta 1985. Son evidentes las diferencias entre los años; la aparición de peces de más de 55 cm (7.8 libras o 3.5 kg) fue superior en 1984 y 1985, que la de años anteriores. El peso promedio en 1985, 9.9 libras o sea 4.5 kg, es el más alto que se haya jamás registrado.

### ***Estructura de la población***

Es fundamentalmente importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una subpoblación o más de una subpoblación y si el caso es este último, determinar en que zonas aparecen las diferentes subpoblaciones, e investigar las variaciones de la distribución según el tiempo y la edad. Se ha estudiado este problema por medio de varios métodos que incluyen el análisis de marcado, las estadísticas de captura, el ciclo vital y los datos genéticos bioquímicos. Varias organizaciones han emprendido la investigación en este campo, incluso la CIAT, la South Pacific Commission (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU y varias entidades del Japón. En un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas patrocinado por la SPC en 1980, se examinaron los resultados de las investigaciones referentes a la solución de este problema y se presentaron detalladamente las conclusiones en el informe anual de la CIAT de 1983. Ese informe incluye también una discusión acerca de la estructura de población del barrilete en el Pacífico oriental y su relación con aquellas del resto del Pacífico. En resumen, existen dos hipótesis principales referentes al barrilete del Océano Pacífico. La hipótesis de la subpoblación separada indica que existen dos o más subpoblaciones genéticamente distintas de barrilete en el Océano Pacífico y la hipótesis clinal o de gradación, indica que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, pero que hay aislamiento por distancia, es decir, la probabilidad de cualquier cruzamiento de dos peces es una función inversa de la distancia del uno al otro. Se concluyó en

el comité que los datos que se tenían actualmente no favorecían ya sea la hipótesis clinal o de la subpoblación. Parece que el barrilete del norte de México y de la parte norte y sur de la América Central, en el Pacífico oriental forma parte de un solo grupo que reside en una zona en forma de arco que tiene sus extremos en estas dos zonas y que los peces en los extremos de la distribución se mezclan por lo menos, hasta cierto punto, en las localidades de desove del Pacífico central, occidental o en ambos.

### ***Abundancia y modelos de producción***

En los últimos años se han emprendido estudios, en modesta escala, para determinar las consecuencias que tienen las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad con relación a la captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en informes anuales previos de la CIAT, incluye el análisis de la relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) el promedio de temperatura de la superficie del mar en la zona del Océano Pacífico entre los 135°W y los 180° con temperaturas de más de 82°F (27.8°C) y (2) el índice de mezcla del viento (el promedio de la velocidad del viento al cubo, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esta zona.

El primer análisis se hizo porque existe una alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete en los arrastres con redes de zooplankton y se pensó, que podría haber más desove o sobrevivencia de larvas en los años más cálidos. Se realizó el segundo análisis debido a que la sobrevivencia de las larvas de barrilete puede depender del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS Southwest Fisheries Center de la Jolla, indican que en la Corriente de California las concentraciones de alimento que pueden servir como primer alimento para las larvas de anchoas (*Engraulis mordax*) aparecen en grupos y estratos bien definidos. El afloramiento y la mezcla obstruyen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, así que muchas de las larvas no pueden obtener suficiente alimento para sobrevivir. Parece que las generaciones fuertes de anchoas adultas se asocian durante su etapa larval a los vientos débiles y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. No se presentó una relación significativa entre la abundancia del barrilete y la temperatura superficial del mar, pero hubo una correlación altamente significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable por el 55 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Además, se han realizado investigaciones para saber si existe la posibilidad de que haya una relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte que fluye hacia el este. Si el barrilete usa esta corriente en su desplazamiento se esperaría que los peces jóvenes fueran transportados en mayores cantidades que lo normal al Pacífico oriental, cuando la corriente es más fuerte y en cantidades menores cuando es más débil. Sin embargo, no se encontró una

correlación significativa entre la abundancia del barrilete y los índices de la velocidad de la corriente. En general, los resultados de los investigadores de la CIAT, cuando han intentado relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, indican que esta relación no es evidente y es compleja. Tal vez se podrían resolver algunos de los problemas si pudieran realizarse estudios biológicos y estadísticos de toda(s) la(s) unidad(es) de población que contribuye(n) a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de solo una porción de ésta (o éstas) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante una parte del ciclo de su vida. Se tienen datos útiles de la captura, del esfuerzo y de la CPUE de alguna(s) porción(es) de la(s) unidad(es) de la población del Pacífico, pero no de otras. Además, existe el problema de separar las capturas de peces de la(s) unidad(es) de la población que contribuye(n) a la pesca en el Pacífico oriental de aquellas que no lo hacen.

Los modelos de producción, basados en los índices de la abundancia de los peces, han sido descritos antes en este informe para el aleta amarilla. Se indicó que los modelos de esta clase no se pueden aplicar a no ser que los peces de los que se trata, pertenezcan a una población distinta, es decir, hay relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona que se está considerando, en este caso el Pacífico oriental y aquellos en otras zonas en las que la especie susodicha es explotada o que se conozcan los índices de intercambio entre las subpoblaciones. No se satisface este requisito ya que el marcado ha demostrado que existe intercambio de peces en el Pacífico oriental, central y occidental (Figura 51). La pesca de barrilete en el Pacífico oriental se efectúa, por lo general, relativamente cerca a la costa y la mayoría del barrilete capturado en esta zona, proviene aparentemente de los desoves del Pacífico central, occidental o de ambos y estos desoves pueden surtir también las regiones de alta mar del Pacífico oriental, central y occidental. Como no se tiene prueba de lo contrario, se supone que los peces adolescentes que aparecen en el Pacífico oriental son en su mayoría la progenie de peces que se reproducen en el Pacífico occidental, central o en ambos, siendo también los progenitores de los peces que permanecen en el Pacífico central, occidental o en ambos. Si es así, puede que las cantidades capturadas en el Pacífico oriental sean determinadas por las porciones de juveniles nacidos en el Pacífico occidental, central o en ambos que se desplazan al Pacífico oriental, o por la abundancia de los juveniles en esta zona o esas zonas. A falta de una definición acerca de la población explotada, el modelado de producción tiene un valor muy limitado para el barrilete que se pesca en el Pacífico oriental.

Aunque se reconocen los problemas antes mencionados, se ha tratado de comparar el esfuerzo y la CPUE del barrilete en el Pacífico oriental. El esfuerzo de pesca aumentó durante los años setenta, debido al incremento en la capacidad de la flota. Sin embargo, ésto evidentemente no ha agotado el recurso, ya que se han obtenido algunas de las capturas totales más grandes a fines de la década de 1970. Las capturas de barrilete se han reducido en 1982-1985, pero esto se debe en gran parte a la reducción en el esfuerzo durante este período. En 1982-1984, se aplicó poco esfuerzo debido a que muchos barcos se fueron a pescar al Pacífico occidental, y en 1984-1985, fue bajo debido al poco precio del barrilete, aplicando los pescadores más esfuerzo hacia el aleta amarilla y menos al barrilete. Sin embargo, puede que el barrilete haya sido menos abundante en 1985,

especialmente al norte de los 10°N. En la Figura 52 se presentan la CPUE y el esfuerzo de los cerqueros en unidades de la clase 6 de arqueo (barcos con más de 400 toneladas de capacidad), correspondientes a 1961-1984. No parece existir una relación evidente. Sin embargo, es posible que tal relación se encuentre oculta por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, en diferentes años, la disponibilidad del barrilete puede variar, pero la cantidad de esfuerzo que se ha aplicado a esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, lo que da como resultado que la CPUE sea aproximadamente igual cada año. Este podría ser el caso, por ejemplo, si se encuentra barrilete en más zonas en los años de gran disponibilidad que en los años de poca disponibilidad, pero la densidad de los peces en las zonas es aproximadamente igual en todos los años. Actualmente, los datos ofrecen poca o ninguna evidencia de que este fenómeno pueda ocultar la relación entre la abundancia del barrilete y el esfuerzo de pesca, pero se seguirá examinando esta cuestión como parte de los estudios extensos de la CIAT sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índice de la abundancia.

#### ***Modelos de la estructura de la edad***

El método del rendimiento por recluta con relación al modelado de la estructuración de la edad, ha sido examinado antes en este informe con referencia al aleta amarilla. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y el aleta amarilla del Pacífico oriental son algo diferentes. El agotamiento natural del aleta amarilla consiste solo en la mortalidad natural, en cambio el del barrilete consiste tanto en la mortalidad natural como en el desplazamiento al Pacífico central y occidental. Se calcula que el índice anual combinado de la mortalidad natural y del desplazamiento del barrilete según los datos frecuencia-talla y del marcado, es aproximadamente 90 por ciento, comparado con el 55 por ciento de la mortalidad natural del aleta amarilla.

Se han empleado los datos frecuencia-talla y de la devolución de marcas para estimar el índice de crecimiento del barrilete. En comparación al aleta amarilla es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales, ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento de peces del Pacífico central y el desplazamiento en dirección opuesta es evidentemente la mayor causa de esto, pero parece además, que la vulnerabilidad de los grupos de peces de diferentes tallas varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del marcado son también útiles a este respecto, pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad solo poco tiempo y, por consiguiente, tienen un valor limitado. Las pocas recapturas a largo plazo que se han recibido, han sido casi todas de peces recapturados en el Océano Pacífico central y una de las razones por la que hay tan pocas, es la poca intensidad de pesca en esa zona.

En la Figura 52, se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Se han integrado los cálculos de los investigadores de la CIAT sobre el crecimiento del barrilete, la mortalidad natural más el desplazamiento y la mortalidad por pesca, para obtener los cálculos que forman la base de esta figura. El recuadro superior se basa en la estimación de los índices de la mortalidad por pesca a edad específica de los datos de la frecuencia de talla obtenidos en 1967-1979, el recuadro del medio se basa en los

índices estimados de los datos obtenidos en 1971-1973, y el recuadro inferior se basa en los índices estimados de los datos obtenidos en 1975-1977. Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, en el recuadro superior 0.5, 1.0 y 2.0 representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1967-1969. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada proveen varios rendimientos por recluta que se indican por medio de curvas. Por ejemplo, si la talla de entrada se fija en 40 cm (unas 2.7 libras o 1.2 kg) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es entre 1.00 y 1.10 libras (0.45 a 0.50 kg) en el primer recuadro y entre 0.75 y 1.00 libras (0.35 a 0.45 kg) en el segundo recuadro y en el tercero. En general, los rendimientos por recluta son más elevados con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras o 0.8 kg) y un esfuerzo de pesca considerablemente más elevado de lo que ha sido el caso hasta ahora en el Océano Pacífico oriental. Esto se debe a que las pérdidas en el peso total de una cohorte de peces debida a la mortalidad natural y al desplazamiento, exceden las ganancias que resultan del crecimiento, aun cuando los peces midan solo 35 cm y aparentemente están creciendo.

### ***Perspectivas en 1986***

Ni los modelos generales de producción, ni los de la estructura de la edad aplicados hasta ahora, indican que haya necesidad de administrar el barrilete. Los últimos modelos indicaron que el rendimiento máximo por recluta de barriletes adolescentes en el Océano Pacífico oriental, puede obtenerse al pescar tanto como sea posible ejemplares de más de 35 cm. Esto concebiblemente podría reducir el reclutamiento en los próximos años, pero no parece que esto sea probable según el conocimiento que se tiene del comportamiento del desove y de la estructura de la población, además no se ha demostrado según los datos del esfuerzo y de la CPUE que la pesca haya reducido la abundancia de los peces.

Se tiene casi la certeza que el barrilete ha sido subexplotado en el Océano Pacífico oriental y que esta situación ha de continuar en un futuro previsible. No obstante es importante adquirir más conocimiento sobre esta especie y su relación con el ambiente, al menos por dos razones. Primero, puede que este conocimiento permita pronosticar la abundancia del barrilete en el Pacífico oriental con varios meses de anticipación, lo cual sería muy valioso para los pescadores, quienes deben decidir por adelantado si han de pescar en el Océano Atlántico oriental, en el Pacífico oriental o en el Pacífico occidental. Segundo, el conocimiento de las condiciones ambientales favorables a la existencia del barrilete, junto con la noción de los procesos dinámicos del océano, permitirían pronosticar en dónde y cuándo hay más probabilidad de capturar barrilete, lo que debe aumentar la eficacia de la flota pesquera. Se está analizando actualmente una amplia variedad de datos sobre el barrilete y su relación con el ambiente, y se terminará en 1986, un informe sobre este estudio.

### **PATUDO**

El patudo es capturado principalmente por embarcaciones palangreras. En la primera parte de los años cincuenta había poca pesca palangrera en el Pacífico

oriental y, por consiguiente, poca captura de patudo en esta zona. Sin embargo, a mediados de los cincuenta los barcos palangreros japoneses empezaron a pescar en el Pacífico oriental y aumentaron las capturas de patudo (Tabla 13). Correspondientemente, el personal de la CIAT le ha prestado más atención a esta especie. Durante el período de 1965-1974, se publicaron siete escritos referentes a la pesca japonesa palangrera de patudo y especies afines en el Pacífico oriental y se preparó otro en 1985.

En la Figura 53 se presenta la distribución del promedio trimestral de la captura de patudo por unidad de esfuerzo de los barcos palangreros en el Pacífico oriental, durante el período de 1971-1980. Los índices de captura por anzuelo (número de peces capturados por 100 anzuelos) de patudo, fueron elevados en la mayor parte del Pacífico oriental, excepto por la zona al norte de los  $5^{\circ}\text{N}$  y al este de los  $125^{\circ}\text{W}$ . Las zonas con índices más elevados de captura durante todo el año fueron entre el Ecuador y las Islas Galápagos, al nordeste de Hawai (la zona entre los  $18^{\circ}$ - $33^{\circ}\text{N}$  y  $120^{\circ}$ - $145^{\circ}\text{W}$ ) durante el primer y cuarto trimestre, y frente a la parte meridional del Perú y el norte de Chile en la zona entre los  $18^{\circ}$ - $25^{\circ}\text{S}$  y  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}\text{W}$  durante el tercer y cuarto trimestre.

En la Figura 55 se presentan los datos de 1971-1980, de la frecuencia de talla del patudo capturado por palangre en la zona indicada por líneas gruesas en la Figura 54. La mayoría de los peces en la captura fluctúan en talla de unos 100 a 170 cm. La composición de talla fue relativamente constante durante el período de 1971-1974, pero es evidente un cambio considerable en 1975-1980. Las proporciones de peces más pequeños (menos de 120 cm) fueron significativamente superiores en 1977 y 1979, y se evidenció una separación más fuerte de los grupos modales en 1975, 1976, 1979 y 1980. Se prestará más atención en el futuro a estos cambios en la composición de talla, ya que coinciden en tiempo con el incremento reciente del esfuerzo de pesca de los palangreros japoneses.

Las capturas estimadas de patudo de las artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental aumentaron durante el final de la década de 1960 y toda la década de 1970, y se redujo luego después de 1981 (Tabla 13). El aumento en las capturas se debió evidentemente a dos factores. Primero, la captura actual posiblemente aumentó porque no existen reglamentaciones de esta especie, lo que en algunos casos, ha resultado en que los pescadores buscaran con preferencia al patudo y no al aleta amarilla, ya que este último estuvo bajo reglamentación en una región considerable del Pacífico oriental durante la última parte de cada año desde el período de 1966 a 1979. Coincidentalmente, la pericia de los pescadores en capturar patudo probablemente mejoró. Segundo, las estadísticas más recientes son más precisas. Los pescadores obtienen el mismo precio por el patudo que por el aleta amarilla, así que frecuentemente se han informado las capturas de patudo como si fueran de aleta amarilla. Sin embargo, desde que se promulgaron las reglamentaciones, se informan con más frecuencia las dos especies separadas, y en las localidades que no lo hacen, los empleados de la CIAT obtienen una información más completa, ya que tratan de estimar las proporciones de las dos especies en descargues mixtos. La reducción después de 1981, se debe, tal vez, en su mayor parte a una disminución en el esfuerzo de pesca durante ese período.

En la Figura 17, se presentan los datos de la frecuencia de talla de patudos

capturados por barcos cerqueros en el Pacífico oriental en 1980-1985, y medidos por el personal de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la de la captura por peso está formada por peces de menos de 100 cm de longitud.

En general, hay dos métodos para analizar los efectos que tiene la pesca sobre una población de peces, el modelado general de producción y el modelado de la estructuración de la edad. Estos modelos se describen detalladamente en la sección de este informe que trata del aleta amarilla.

### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción se aplican solo a los peces de poblaciones distintas, así que estos modelos se pueden aplicar al patudo del Océano Pacífico oriental, solo si hay relativamente poco intercambio de estos peces con aquellos de las zonas que se encuentran más hacia el oeste. Sin embargo, debido a la falta de datos del marcado y de otros estudios que puedan proveer información sobre la estructura del stock, no es posible estimar en las diferentes zonas el grado de mezcla del patudo si es que existe.

En la Figura 56 se presentan los datos del esfuerzo, de la captura y de la captura por unidad de esfuerzo (cantidades capturadas de peces por millones de anzuelos) correspondientes a 1954-1980, en la parte del Océano Pacífico oriental delineada con líneas gruesas en la Figura 54. Esta zona fue elegida porque incluye las zonas principales de pesca de patudo y se cree que al incluir los datos de zonas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo, ocultarían cualquier relación que pueda existir entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1954-1960, el esfuerzo y la captura fueron bajos y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue elevada. De 1961 a 1964, el esfuerzo y las capturas fueron muy superiores a las de 1954-1960. La CPUE en 1961, fue algo inferior a 3 peces por 100 anzuelos y se redujo en 1964 a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos. De 1964 a 1980, el esfuerzo fluctuó entre 38 y 114 millones de anzuelos y la captura entre 0.37 y 1.07 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE se reduzca al aumentar el esfuerzo y una pequeña reducción no indica necesariamente una reducción del recurso (desde el punto de vista de reducir el promedio máximo constante de producción (PMCP), como se informa en la sección del aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo, puede ser indicativo de una reducción de la población a un nivel inferior al necesario para producir el PMCP. No obstante, puede que sea importante que las capturas se hayan más que duplicado en el período de 1965-1980, mientras que la CPUE permaneció casi igual. Puede que esto se deba al hecho de que el patudo, debido a su precio elevado, haya sido buscado especialmente por los pescadores palangreros. Por ejemplo, el empleo de las artes palangreras de profundidad (consideradas antes en este informe) a fines de los años setenta, puede haber mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel, mientras se reducía su abundancia. La duda acerca de la interpretación de los datos, resulta también del hecho que el conocimiento que se tiene actualmente es insuficiente en lo que se refiere a la cantidad de intercambio de los peces entre la zona de que se trata y las zonas adyacentes.



***Modelos de la estructuración de la edad***

El modelo del rendimiento por recluta (un tipo de modelo de la estructura de la edad), suministra información sobre el rendimiento por recluta que puede esperarse de acuerdo a varias combinaciones del esfuerzo de pesca y diferentes tallas de entrada. Los datos de entrada son los de la longitud a la edad o del peso a la edad y los datos sobre la mortalidad natural. Ambos, especialmente los de la mortalidad natural, son difíciles de estimar. No obstante, se calculó el rendimiento por recluta del patudo con respecto a varias combinaciones del esfuerzo de pesca ( $F$ ) y de la talla de entrada. Los datos de la longitud a la edad se obtuvieron según una ecuación del crecimiento de patudo que aparece en el boletín de la CIAT, Volumen 11, No. 2. Como no es posible con los datos que se tienen ahora, estimar con cualquier grado de confianza el coeficiente de la mortalidad natural ( $M$ ) del patudo, se emplearon los valores de prueba anuales de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0. En la Figura 57 se presentan los resultados, con longitudes de entrada de 40 cm (4 libras o 2 kg), 60 cm (12 libras o 5 kg), 90 cm (38 libras o 17 kg), 120 cm (87 libras o 40 kg) y 150 cm (167 libras o 76 kg) y los coeficientes anuales de la mortalidad por pesca ( $F$ ) de 0.1 a 1.6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue mínimo a una talla de entrada de 150 cm, así que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90 y 120 cm. Según las Figuras 55 y 17, parece que la mayoría del patudo capturado por cerqueros y palangreros se recluta respectivamente cuando miden cerca de 60 a 90 cm y de 90 a 120 cm. Sin embargo, en 1980 y 1982-1984, se capturaron en la pesca con cerco grandes cantidades de patudo entre los 40 y 60 cm. A un valor de  $M$  de 0.4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las tallas de entrada con relación a los valores de  $F$  hasta de 0.4. El rendimiento por recluta con un valor de  $F$  de 0.6 o más elevado, es inferior en cuanto a una talla de entrada de 40 cm, y con un valor de  $F$  de 0.8 o superior el rendimiento por recluta sería inferior a una talla de entrada de 60 cm. El rendimiento por recluta con un valor de  $M$  de 0.6, es aproximadamente el mismo con referencia a todos los valores de  $F$  para tallas de entrada de 60, 90 y 120 cm. Con referencia a valores de  $F$  hasta de 0.6, son también aproximadamente iguales con una talla de entrada de 40 cm, pero con valores superiores, el rendimiento por recluta es inferior. Con un valor de  $M$  de 0.8, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos los de  $F$ , sin miras a la talla de entrada. Con un valor de  $M$  de 1.0, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos los de  $F$  con tallas de entrada de 40, 60 y 90 cm, pero inferior en una talla de entrada de 120 cm. En general, con relación a los valores elevados de  $M$ , el rendimiento más alto por recluta se obtiene con tallas pequeñas o intermedias de entrada (40, 60 y 90 cm) y con relación a valores bajos de  $M$ , el rendimiento más alto se obtiene con tallas intermedias de entrada (90 y 120 cm). Aunque actualmente no se conoce cuál valor de  $M$  es más aplicable a la población de patudo explotada por la pesca epipelágica o palangrera del Pacífico oriental, lo más probable es que sea entre 0.6 y 0.8. A estos niveles, los análisis anteriores indican que el rendimiento por recluta alcanzaría el máximo a una talla de entrada entre unos 90 y 120 cm. Esto significa que la talla promedio de entrada correspondiente a la pesca epipelágica es inferior a aquella que lograría el máximo del rendimiento por recluta y que aquella de la pesca palangrera es superior a

esa talla. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que son poco confiables. Además, aún si se supiera que estas estimaciones eran confiables, habría muy poca oportunidad de influir en la talla de entrada ya sea en una u otra pesca.

### ATUN ALETA AZUL DEL NORTE

En la Figura 58 se presentan las capturas anuales del atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico durante el período de 1951-1985. Las artes epipelágicas son responsables por la mayoría de las capturas obtenidas tanto en la parte oriental como occidental del Pacífico. Las capturas del Pacífico occidental mejoraron durante 1978-1983, después de la poca captura obtenida durante los seis años anteriores. Las capturas en el Pacífico oriental fueron pobres durante 1980-1984, pero en 1985, fueron mejores.

El personal de la CIAT ha estudiado el atún aleta azul en modesta escala desde 1973. Antes de 1979, el personal obtenía datos de bitácora y medía muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el Pacífico oriental para determinar la composición de talla. Sin embargo, desde 1979, se han realizado más estudios. En 1979, se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de la población de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). Se suman algunas partes de este análisis en el informe anual de la CIAT de 1979. Además, se acumularon, analizaron y publicaron en la serie de boletines de la CIAT (Vol. 18, No. 2) los datos de captura del atún aleta azul por zona, fecha, clase de arqueo, magnitud de cardumen, tipo del mismo, *etc.*

Aunque desde 1980, no se ha marcado atún aleta azul en el Pacífico oriental, se ha continuado con los análisis de estos datos según lo permite el tiempo. En la Tabla 14 se suman las principales liberaciones de peces marcados en el Pacífico oriental. Se han obtenido 10 recapturas del Pacífico occidental, todas de peces que estuvieron en libertad más de 22 meses.

El marcado de atún aleta azul en el Japón fue llevado a cabo por empleados de la CIAT quienes estuvieron viviendo ocasionalmente durante 1980-1982. Las recapturas obtenidas hasta ahora se presentan en la Tabla 15. Antes de estos experimentos solo se tenían dos registros de atunes aleta azul que habían sido liberados en el Pacífico occidental y recapturados en el Pacífico oriental.

Los peces de la generación de 1979, liberados durante enero-abril de 1980, aparecieron en el Pacífico oriental en el verano de 1981, aproximadamente año y medio más tarde, cuando estaban en su tercer año de vida. Los peces de la generación de 1981, liberados en julio-septiembre de 1981, aparecieron en el Pacífico oriental en el verano de 1982, aproximadamente un año más tarde, cuando estaban en su segundo año de vida. Parece según esta información que por lo menos algunos de los peces que emigran en el otoño, en su primer año de vida del Pacífico occidental, pueden llegar al Pacífico oriental en el verano siguiente, pero los que se quedan en el Pacífico occidental hasta la primavera, ninguno o muy pocos llegan al Pacífico oriental hasta el verano del próximo año.

En los últimos años, el personal de la CIAT se ha preocupado por las pocas

capturas de aleta azul obtenidas en el Pacífico oriental. Se conoce que el desove del atún aleta azul del norte ocurre solo en las inmediaciones del Japón en el Océano Pacífico. Algunos peces, evidentemente permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros se desplazan al Pacífico oriental, probablemente durante el primer o segundo año de vida. Aquellos que se desplazan durante el primer año son los que se encuentran expuestos a la pesca veraniega y otoñal de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) de atunes aleta azul pequeños y otras especies que se encuentran a la altura del Japón, antes de empezar su jornada al Pacífico oriental en el otoño o a comienzos del invierno. Aquellos que se desplazan en el segundo año de vida, se encuentran también expuestos a la pesca invernal arrastrera y otras pescas que tienen lugar en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su jornada al Pacífico oriental, probablemente en el verano o el otoño. Los peces, después de atravesar el océano, son pescados por las artes de cerco frente a California y Baja California. Después de una estadía en el Pacífico oriental, los sobrevivientes regresan al Pacífico occidental donde eventualmente desovan. No se conoce la duración de la estadía en el Pacífico oriental, pero es casi indiscutible que algunos peces permanecen por lo menos 2 años allí, ya que peces marcados en el Pacífico oriental han sido recapturados allí después de haber estado en libertad tanto como 2 años. Se capturan 6 o 7 generaciones en el Pacífico oriental, por consiguiente, es posible que algunos peces permanezcan allí durante 5 o 6 años. No se tienen datos que determinen si algunos de estos peces realizan más de un recorrido de ida y vuelta entre el Pacífico occidental y el oriental. Sin embargo, a causa del índice elevado de mortalidad, probablemente solo una pequeña porción de los peces podría hacer ésto.

No se ha determinado si existe una sola población homogénea o varias subpoblaciones de atún aleta azul en el Océano Pacífico, así que se considerarán ambas posibilidades en los siguientes párrafos. Si existe una sola población homogénea, las condiciones oceanográficas determinan probablemente qué cantidad de peces juveniles en el Pacífico occidental tratará de atravesar el océano, en cambio si hay subpoblaciones residentes y migratorias los peces migratorios supuestamente se encuentran genéticamente inducidos a desplazarse al Pacífico oriental y regresar.

Se considerará primero la hipótesis de una sola población homogénea. La reducción en las capturas del Pacífico oriental, puede que se deban (1) a una reducción en la abundancia total de peces de más de unos 55 cm de talla, causada por la fuerte explotación frente al Japón de peces en su primer año de vida, (2) a una reducción en la disponibilidad en el Pacífico oriental (*e.d.* una merma en la porción de la población que se ha desplazado al Pacífico oriental o a una estadía promedio más corta en el Pacífico oriental de los peces que hicieron ese recorrido, (3) a la reducción del esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental o (4) una reducción en la vulnerabilidad a la captura de los peces que se han desplazado al Pacífico oriental.

No es posible evaluar la primera posibilidad sin tener datos más detallados sobre las capturas de peces de diferentes tallas frente al Japón. Si hubiera habido una reducción general en la abundancia de peces de más de 55 cm de talla, las capturas en el Pacífico occidental se hubieran reducido, a no ser que se hubieran

capturado cantidades mucho mayores de pequeños atunes aleta azul o hubo un aumento en la mortalidad relativa por pesca de peces grandes como resultado del aumento en el esfuerzo o la eficacia de las artes que capturan atún aleta azul de más de 55 cm. Aún los datos relativamente preliminares de las capturas de estos peces de varias tallas, serían útiles para resolver este enigma.

Al mismo tiempo que se ha presentado una reducción a fines de la década de 1970 y comienzos de la de 1980, en las capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental, ha habido un aumento en las capturas del Pacífico occidental (Figura 58). Esto indica, tal vez, que las condiciones oceanográficas han causado que haya menos desplazamiento de peces pequeños del Pacífico occidental en los últimos años. Los datos frecuencia-talla del Pacífico oriental proveen información sobre la duración de una estadía normal en esa zona. Las cantidades de peces grandes y pequeños en la captura han sido aproximadamente iguales en los años de 1970 y 1980, lo que indica que la estadía común en el Pacífico oriental no se ha acortado. Las condiciones oceanográficas cambiarán eventualmente, si ésto ya no ha sucedido, así que si la reducción en las capturas en el Pacífico oriental es causada solo por las condiciones oceanográficas, se podrán esperar capturas más elevadas cuando las condiciones vuelvan a la normalidad.

El número de cerqueros de pequeño porte, que fueron responsables por la mayoría de las capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental, hasta fines de la década de 1970, ha venido reduciéndose en los últimos 3 o 4 años, así que se deben examinar los datos de la captura y el esfuerzo en tal forma que se pueda determinar hasta qué punto la reducción en las capturas se deba a la disminución del esfuerzo de los barcos de varios portes. Por consiguiente, se calculó el número de lances cerqueros, el número de lances cerqueros que produjeron capturas de atún aleta azul y el tonelaje capturado de esta especie por clase de arqueado de los barcos, correspondiente a la zona norte de los 23°N y a los períodos de mayo-octubre desde 1975 hasta 1984. Virtualmente todas las capturas de esta especie se obtienen al norte de los 23°N y la gran mayoría se logran durante el período mayo-octubre. El lapso de 1975-1984, incluye tanto capturas normales como inferiores a lo normal. Algunos de los resultados obtenidos mediante el empleo de estos datos se presentan en la Figura 59. El número de lances de los barcos de la clase de arqueado 3, 4 y 5 se ha reducido en un 50%, en cambio el promedio de captura por lance positivo de aleta azul ha permanecido casi igual. Las reducciones más grandes son aquellas de la captura y de la razón de los lances de aleta azul comparada con el total de los lances. Según estos datos parece que una gran parte de la reducción en las capturas de atún aleta azul se debe a que esta especie es menos vulnerable o disponible a la captura, desempeñando la reducción del esfuerzo un papel menor.

No existe una razón evidente que indique que la vulnerabilidad de estos peces a la captura haya disminuído en el Pacífico oriental, así que se ha descartado esta posibilidad hasta que se obtenga prueba de lo contrario.

Se considerará ahora la hipótesis de que hay más de una subpoblación. Si existe una subpoblación migratoria, la reducción de las capturas en el Pacífico oriental puede ser el resultado (1) de una merma en la abundancia de la subpoblación migratoria, (2) de una reducción en el esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental

o (3) que los peces de la subpoblación migratoria han sido menos vulnerables a la captura en los últimos años. La segunda y tercera posibilidad pueden ser responsables por parte de la merma, pero probablemente no por toda, por las razones expuestas en la discusión de la primera hipótesis. Así que si la segunda hipótesis es correcta, sería tal vez apropiado tomar alguna decisión para proteger los peces de la subpoblación migratoria.

La información anterior señala por lo menos tres puntos de investigación de alta prioridad. El primero sería determinar si existe una sola población homogénea o subpoblaciones residentes y migratorias. Esto podría llevarse a cabo mediante los estudios genéticos bioquímicos, pero dichos estudios serían costosos y tomarían mucho tiempo. El segundo sería recolectar los datos de la captura y frecuencia-talla de las pesquerías japonesas, comparando estos datos con aquellos de la pesca cerquera en el Pacífico oriental. Esto podría ser relativamente fácil de llevar a cabo. El tercero sería realizar los análisis del rendimiento por recluta. Esto ya se ha hecho usando solo los datos de la Tabla 16. La fuente de los datos talla-peso fue la siguiente:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en talla	$l_t = 219 (1 - e^{-0.211t})$	Inf. Anual CIAT, 1984
Relación talla-peso hasta mayo del tercer año de vida	$\ln w = 3.40 \ln l - 20.1$	Inf. Anual CIAT., 1980
Relación peso-talla después de mayo del tercer año de vida	$\ln w = 2.78 \ln l - 7.67$	California Department of Fish and Game, datos inéditos

El coeficiente de la mortalidad natural se fijó (con base anual) a 0.6 y se asignaron los coeficientes de la mortalidad por pesca de las varias pesquerías, basados en lo que se conoce de las capturas según las estadísticas de captura y la devolución de marcas. Los resultados de estos análisis indican que el rendimiento por recluta aumentaría si la edad de entrada en la pesca se incrementara aproximadamente a un año (unos 50 cm). Se espera poder obtener los datos para proseguir con estas investigaciones.

**ANNUAL REPORT 1985**  
**APPENDIX I-APENDICE I**

**STAFF\*-PERSONAL\***

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)	
Director	-Director
Clifford L. Peterson, B.S. (University of Washington)	
Assistant Director	-Subdirector
(to 31 December)	hasta el 31 de diciembre)

**SCIENTIFIC-CIENTIFICO****Chief Scientist-Científico Dirigente**

Robert E. Kearney, Ph.D. (University of Queensland)

**Senior Scientists-Científicos Principales**

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)	
Biology	-Biología
John R. Calaprice, Ph.D. (University of California at Santa Barbara)	
Biology	-Biología
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard University)	
Biology	-Biología
Martin A. Hall, Ph.D. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	-Biología: dinámica de poblaciones
Witold L. Klawe, M.A. (University of Toronto)	
Biology	-Biología
Forrest R. Miller, M.A. (University of California at Los Angeles)	
Meteorology	-Meteorología
Craig J. Orange, B.S. (Oregon State University)	
Biology: statistics	-Biología: estadísticas
Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: population dynamics	-Biología: dinámica de poblaciones
Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)	
Biology	-Biología

**Associate Scientists-Científicos Asociados**

Alejandro A. Anganuzzi, B.S. (Universidad Nacional de Mar del Plata)	
Biology	-Biología
David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)	
Biology	-Biología
Stephen T. Buckland, Ph.D. (University of Aberdeen)	
Biology: population dynamics	-Biología: dinámica de poblaciones
(from 1 October)	desde el 1 de octubre)
Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)	
Biology	-Biología

- Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching University)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas  
(San Pedro, California)
- Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State University)  
Biology –Biología
- James M. Ianelli, B.S. (Humboldt State University)  
Biology –Biología  
(Acholines, Panama)
- Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)  
Computer science –Ciencia de computadoras
- Ashley J. Mullen, B.A. (University of Warwick)  
Biology: mathematics –Biología: matemática
- Robert J. Olson, M.A. (San Diego State University)  
Biology –Biología
- Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)  
Biology: population dynamics –Biología: dinámica de poblaciones
- Kurt M. Schaefer, B.S. (Humboldt State University)  
Biology –Biología
- Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)  
Biology –Biología  
(Acholines, Panama)
- Michael D. Scott, M.A. (University of California at Los Angeles)  
Biology –Biología
- Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)  
Computer programmer –Programadora de computadoras
- Peter C. Wussow, B.S. (Humboldt State University)  
Biology –Biología  
(to 30 April hasta el 30 de abril)

#### Assistant Scientists–Ciéntíficos Auxiliares

- Edward H. Everett, B.S. (San Jose State University)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas
- Naozumi Miyabe, M.S. Agric. (Kyoto University)  
Biology –Biología  
(to 30 September hasta el 30 de septiembre)
- Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas  
(Panama, R.P.)
- Lesly Rodriguez, B.S. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua)  
Biology –Biología

#### TECHNICAL–TECNICO

- Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)  
Waterfront contact: laboratory technician  
–Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Julio Carranza

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Coishco, Peru)

Nannette Y. Clark

Statistical technician

–Técnica en estadísticas

Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Universidad de Puerto Rico)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Mayaguez, Puerto Rico)

Juan A. Gracia, J.D. (Catholic University of Puerto Rico)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Mayaguez, Puerto Rico)

Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Manta, Ecuador)

(from 1 October

desde el 1 de octubre)

Cutberto Hernandez M.

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Ensenada, Mexico)

(from 1 October

desde el 1 de octubre)

Gary A. Hunt

Scientific technician

–Técnico científico

(Achoyines, Panama)

(to 22 December

hasta el 22 de diciembre)

Kevin C. McCarthy, B.S. (Cornell University)

Scientific technician

–Técnico científico

C. Anibal Orbes A.

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Manta, Ecuador)

Sueichi Oshita

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(San Pedro, California)

(to 26 May

hasta el 26 de mayo)

Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Ensenada, Mexico)

Raymond C. Rainey

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio



Jorge L. Sayegh, B.S. (Universidad de Oriente)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Cumaná, Venezuela)

(from 25 August

desde el 25 de agosto)

Osvaldo A. Silva, B.A. (Universidad de Panamá)

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Panama, R.P.)

Vaughn M. Silva

Waterfront contact: laboratory technician

–Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
hasta el 31 de agosto)

(to 31 August

Robert W. Wagner

Scientific technician

–Técnico científico

(to 31 March

hasta el 31 de marzo)

#### ADMINISTRATIVE-ADMINISTRATIVO

Magdalena Barandiarán

Bilingual secretary

–Secretaria bilingüe

Lucy Dupart

Technical translator

–Traductora técnica

Elizabeth J. Hubert

Switchboard operator

–Telefonista

James M. Lannon

Administrative assistant

–Ayudante administrativo

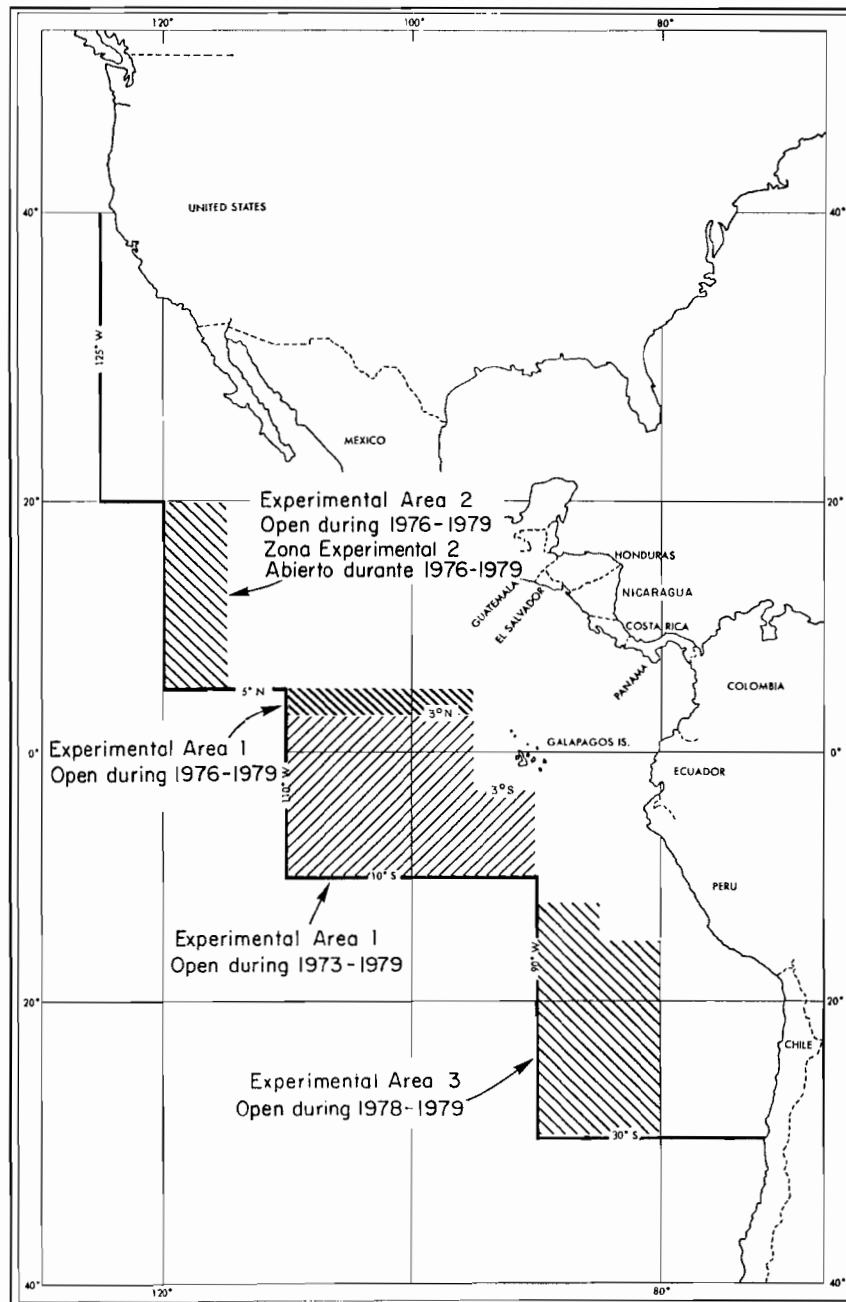
Regina A. Newman

Bilingual secretary to the Director

–Secretaria bilingüe del Director

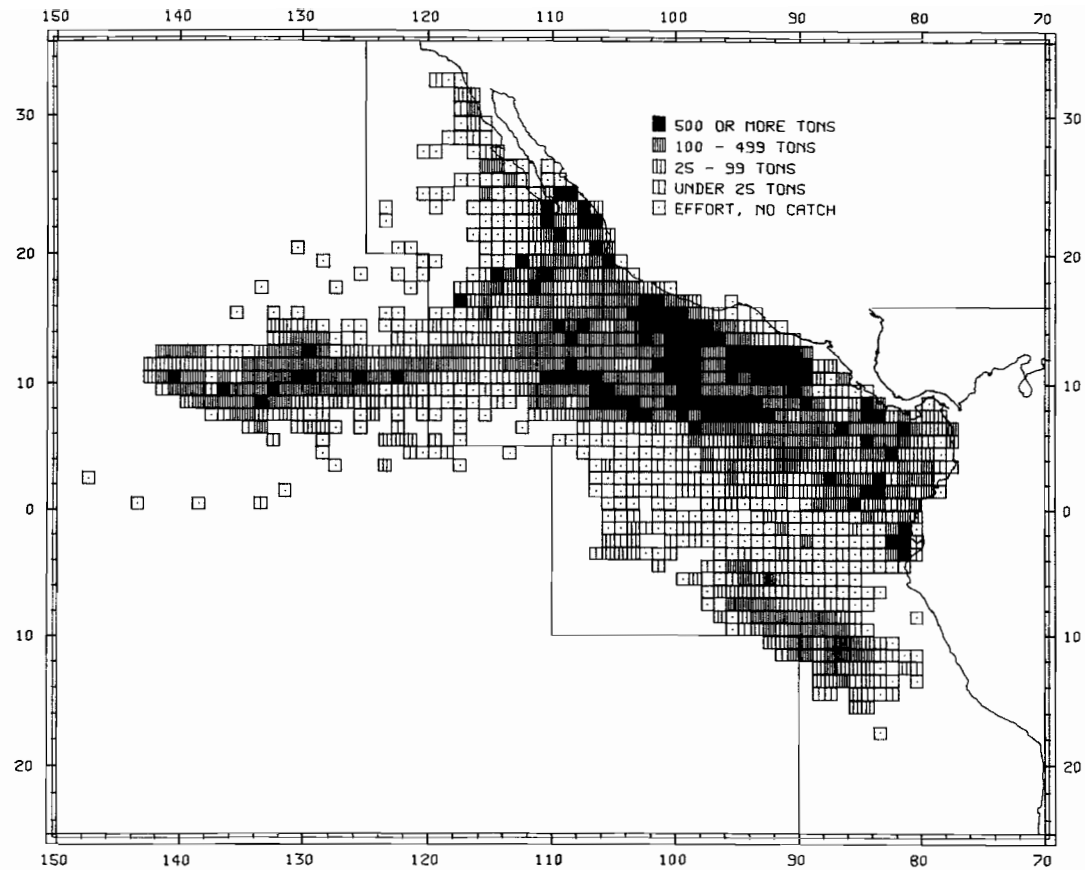
\* All staff members at La Jolla unless otherwise noted.

\* Todo el personal de la Jolla, a no ser que se indique lo contrario.



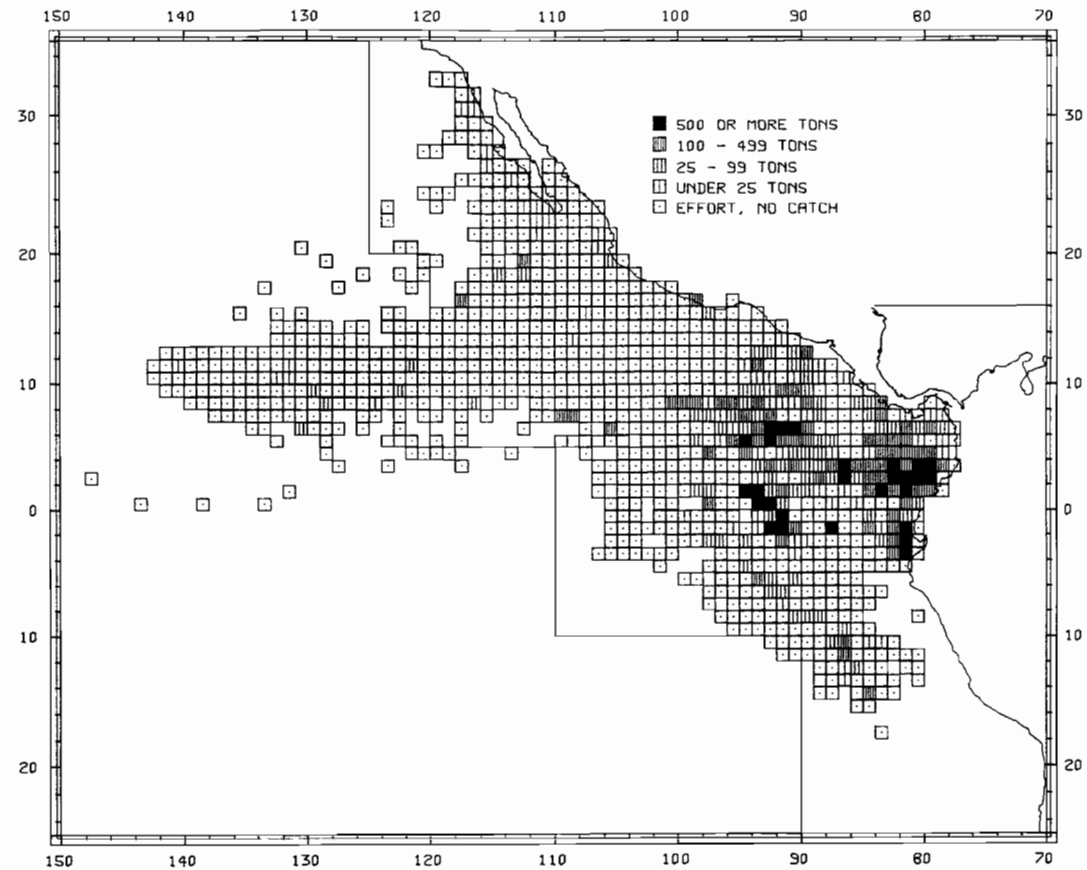
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** Area reglamentaria de la Comisión de aleta amarilla (ARCAA).



**FIGURE 2.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1985 by 1-degree areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 2.** Capturas de atún aleta amarilla obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1985, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes de los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.



**FIGURE 3.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1985 by 1-degree areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 3.** Capturas de barrilete obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1985, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes de los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.

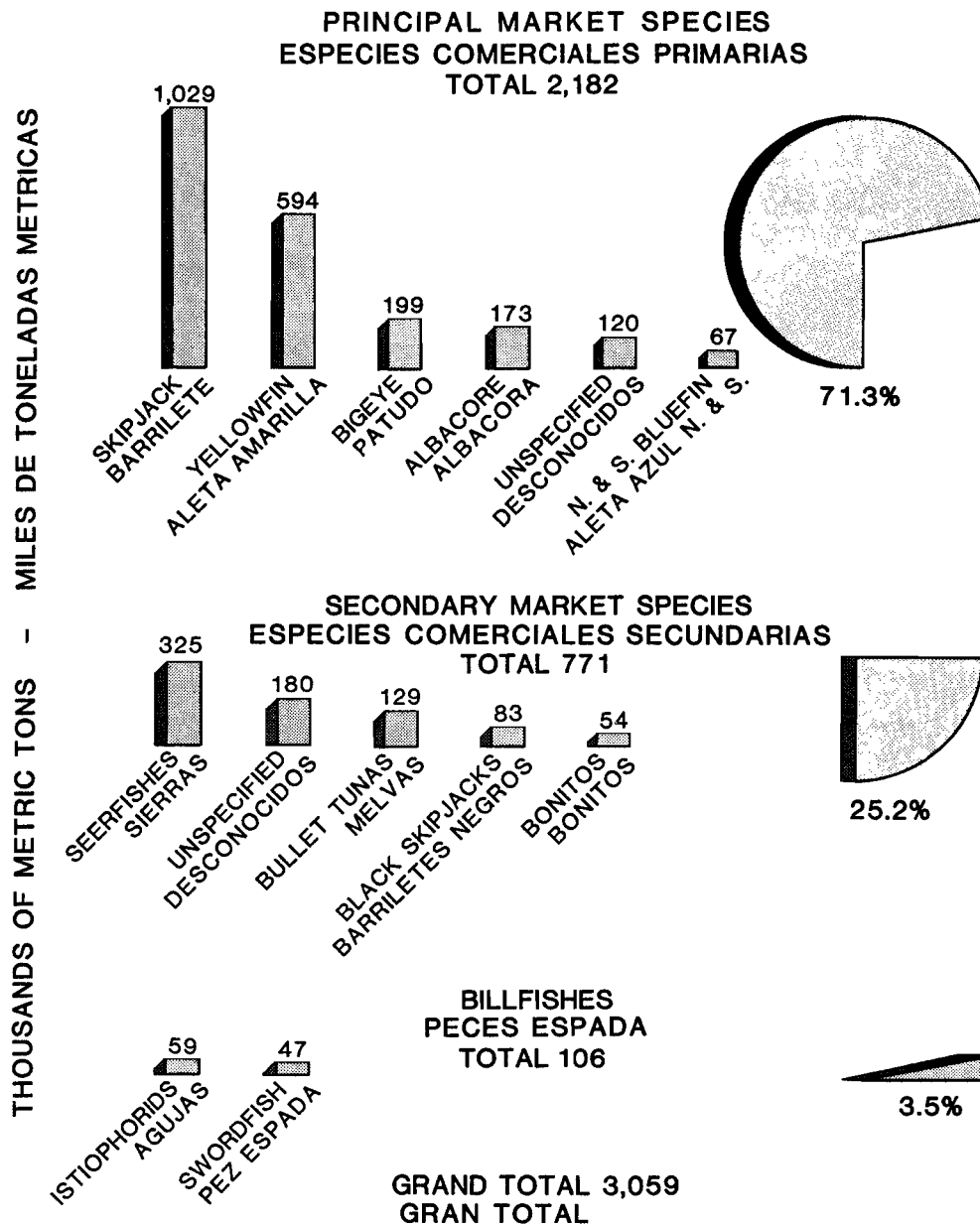


FIGURE 4. World catches of tunas and tuna-like species in 1984.

FIGURA 4. Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1984.

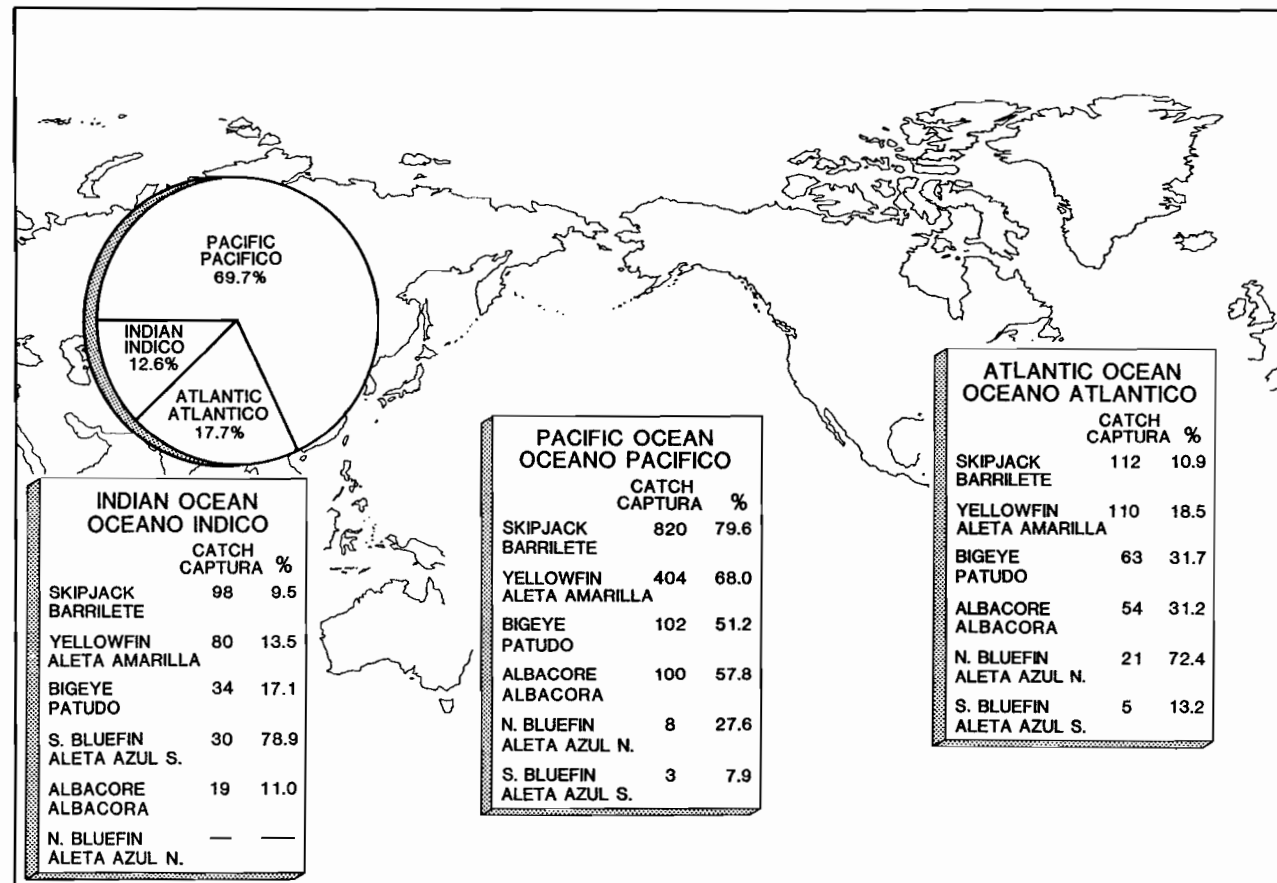
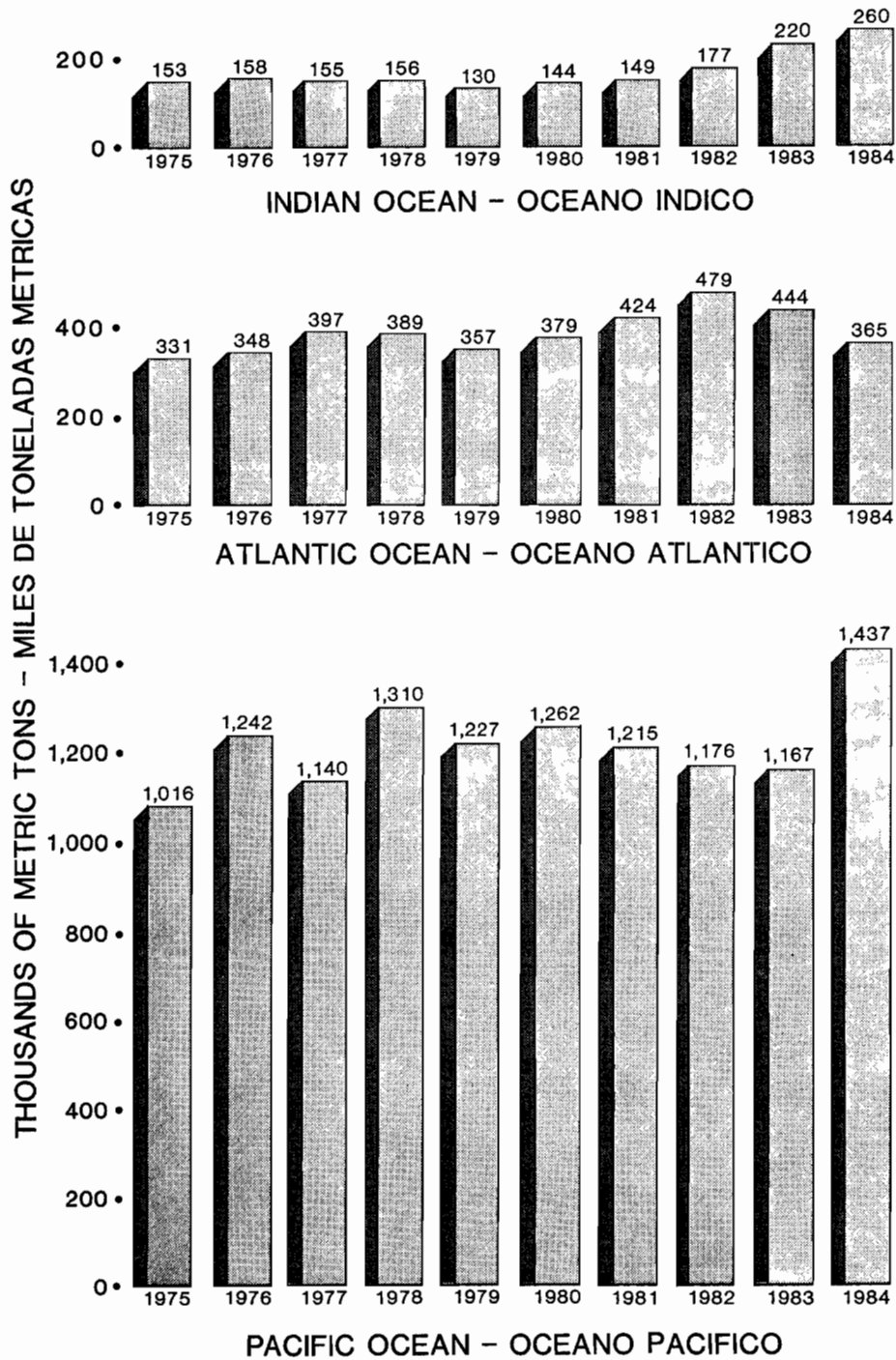


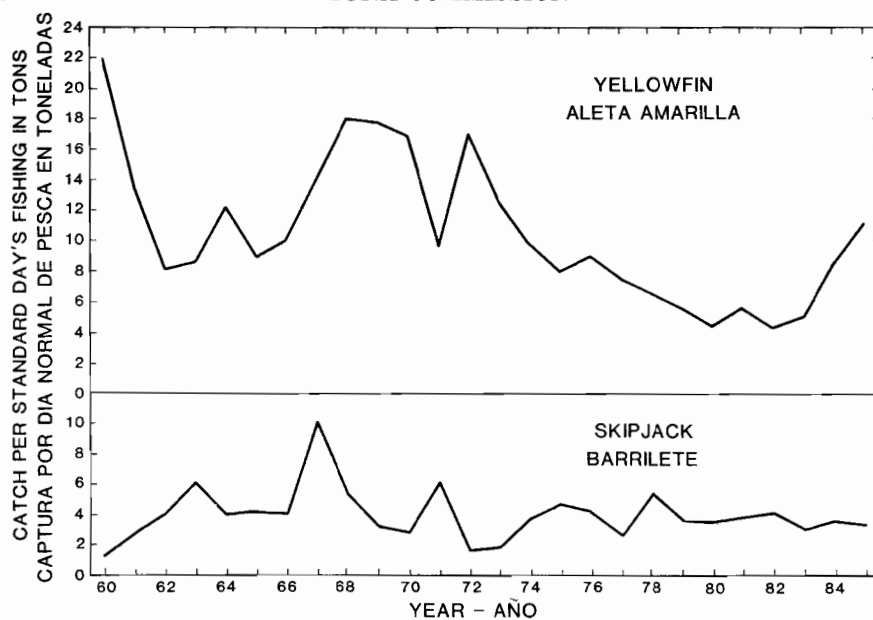
FIGURE 5. Catches of the principal market species of tunas in thousands of metric tons, by oceans, in 1984.

FIGURA 5. Capturas en 1984 (por océanos), de las especies de atunes comercialmente importantes, en miles de toneladas métricas.



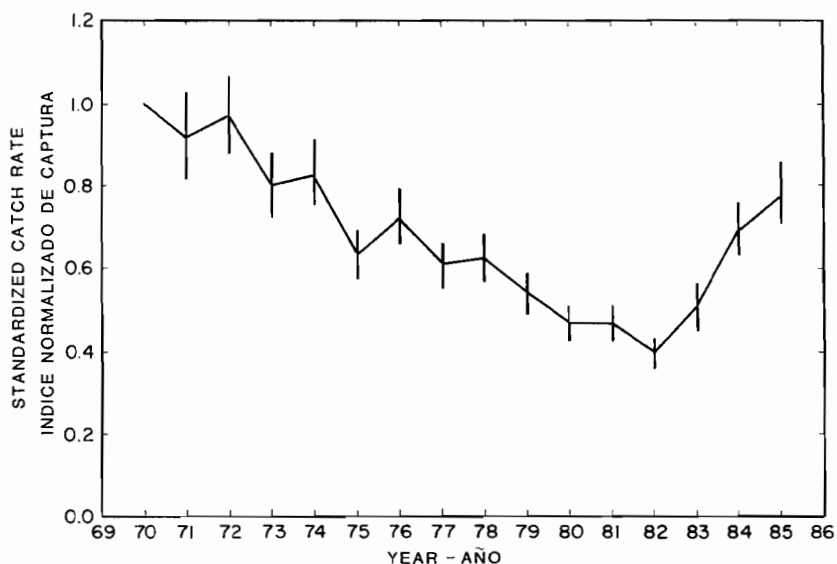
**FIGURE 6.** Catches of the principal market species of tunas, by oceans, in 1975-1984.

**FIGURA 6.** Capturas en 1975-1984 (por océanos), de las especies de atunes comercialmente importantes.



**FIGURE 7.** Catch per day's fishing for yellowfin in the CYRA (upper panel) and skipjack in the eastern Pacific (lower panel) in Class-6 purse-seine units during 1960-1985. The 1985 data are preliminary.

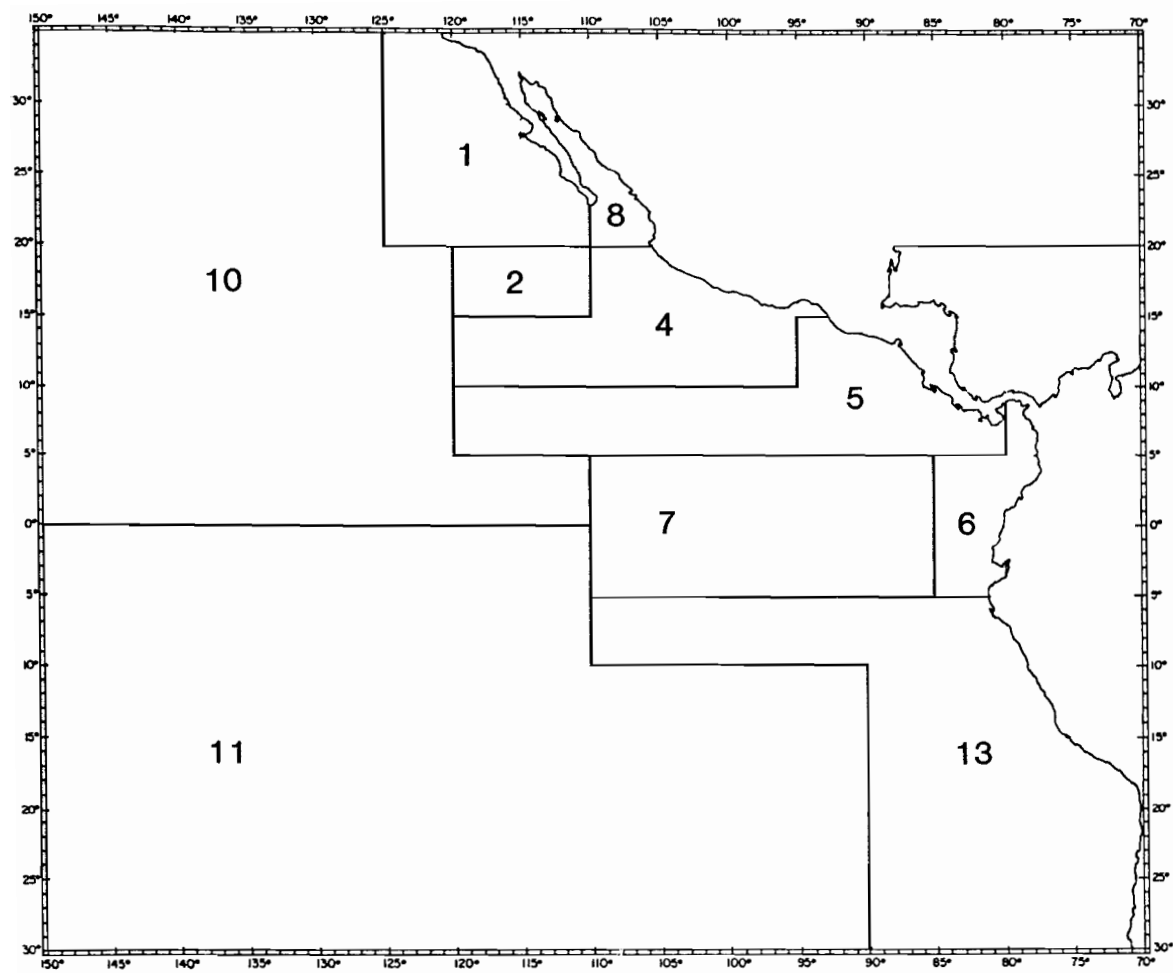
**FIGURA 7.** Captura por día de pesca de aleta amarilla en el ARCAA (recuadro superior) y de barrilete en el Pacífico oriental (recuadro inferior) durante 1960-1985, por unidades de la clase 6 de arqueo de barcos cerqueros. Los datos de 1985 son preliminares.



**FIGURE 8.** Standardized catch rates of yellowfin in the CYRA relative to 1970, from the linear model. The vertical bars show the approximate 95-percent confidence intervals. The data for 1985 are incomplete.

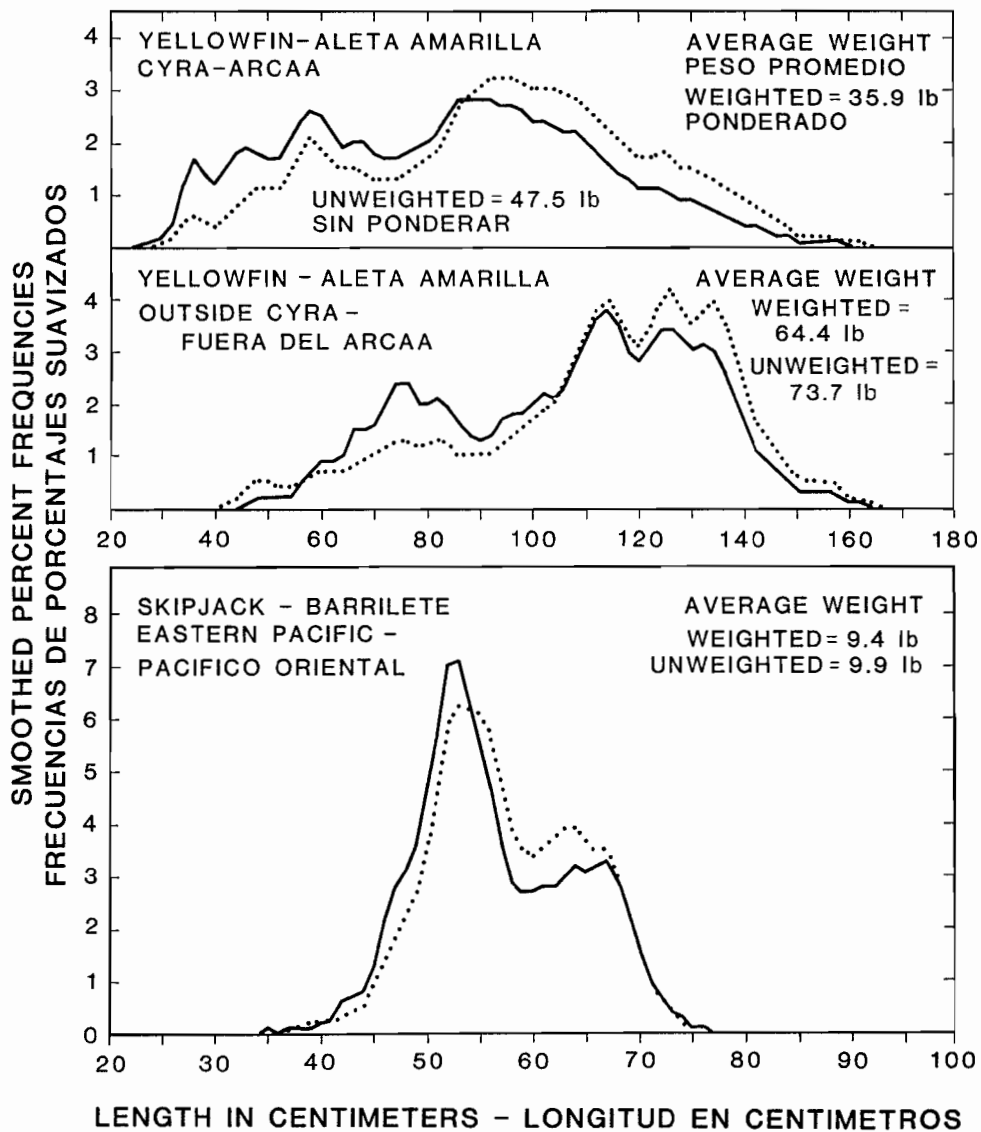
**FIGURA 8.** Indices normalizados de captura de aleta amarilla en el ARCAA desde 1970, según el modelo lineal. Las barras verticales indican los intervalos aproximados de confianza del 95 por ciento. Los datos de 1985, están incompletos.





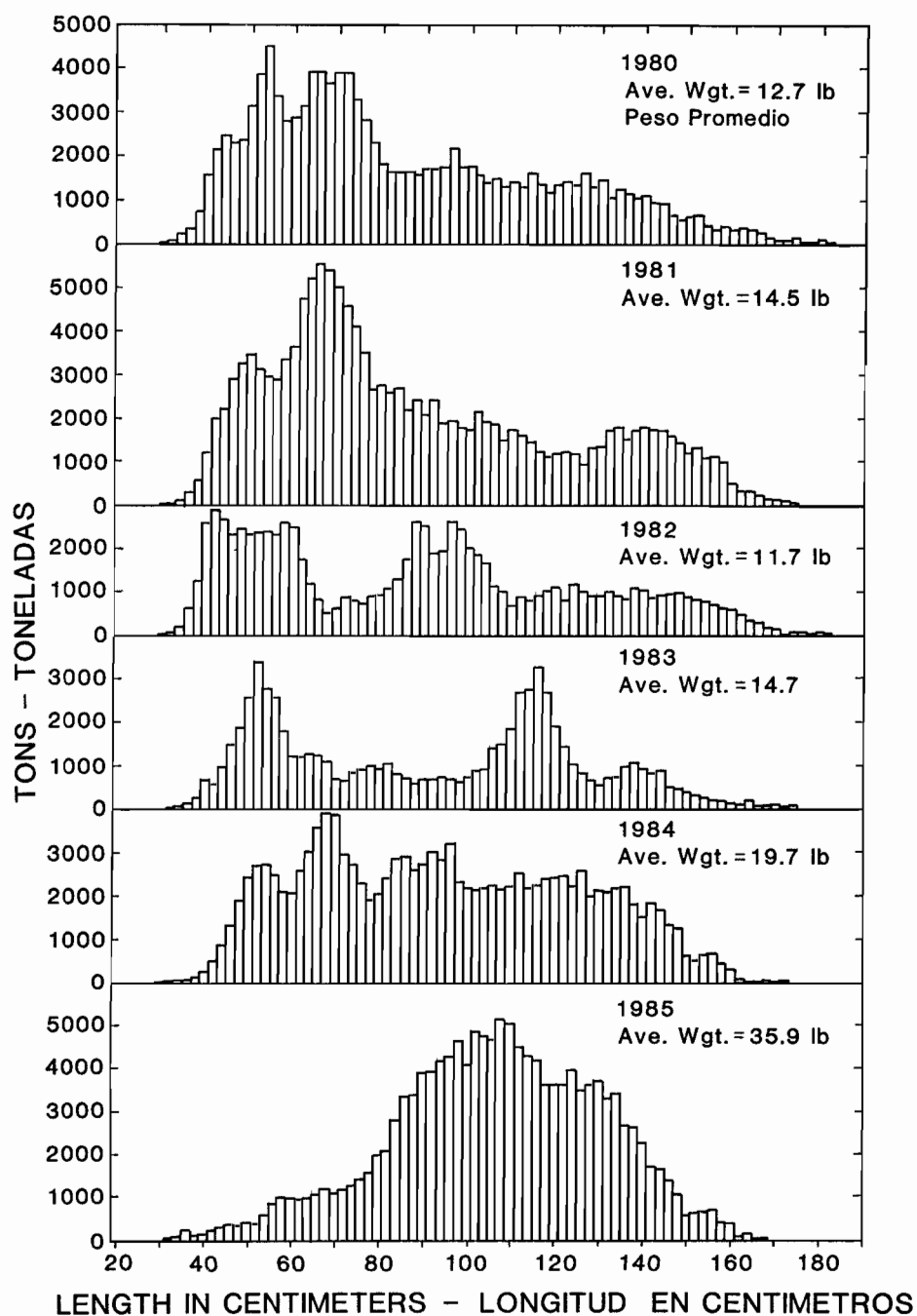
**FIGURE 9.** Length-frequency sampling areas in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 9.** Zonas de muestreo frecuencia-talla en el Océano Pacífico oriental.



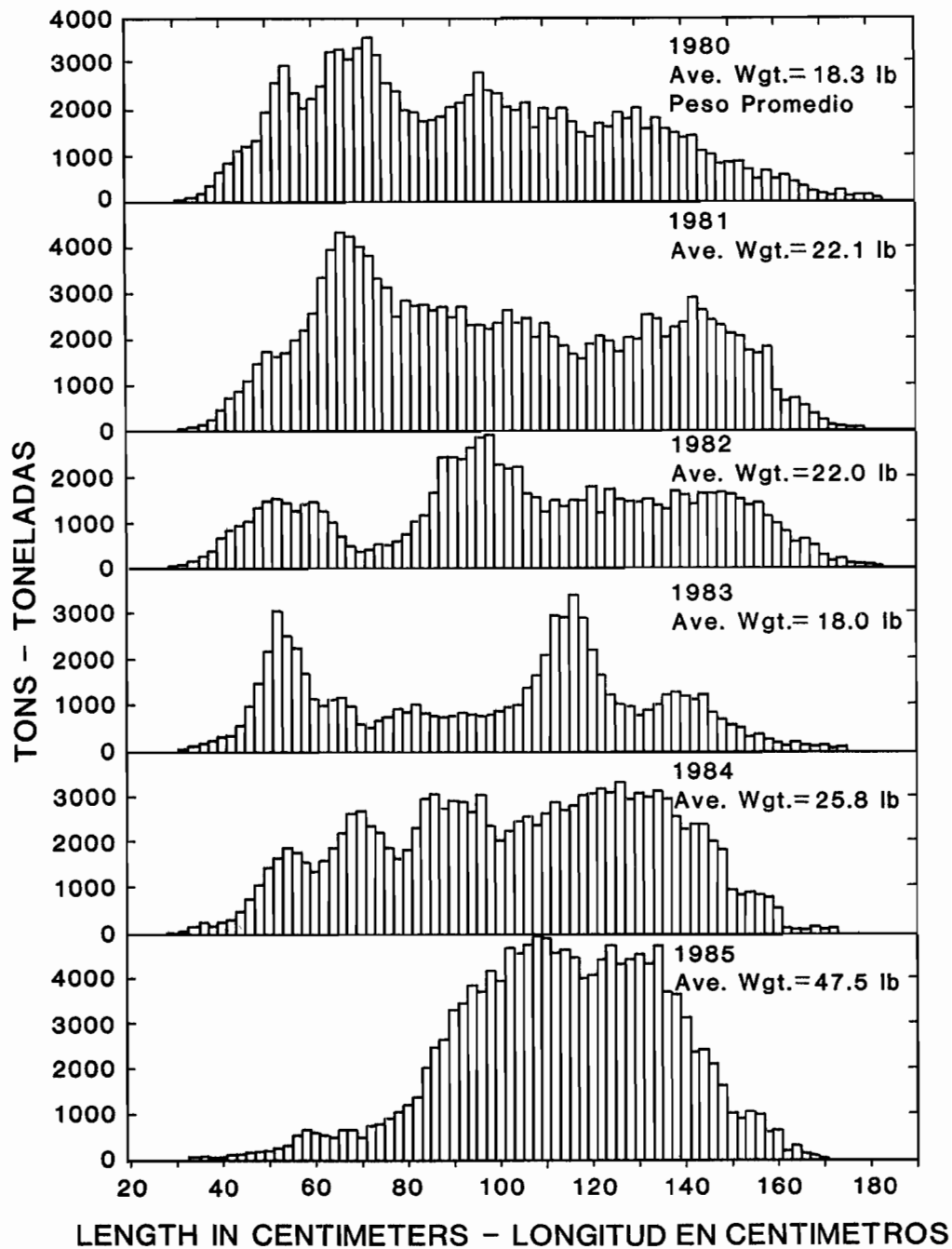
**FIGURE 10.** Weighted (solid lines) and unweighted (dotted lines) length-frequency distributions of yellowfin and skipjack caught by purse seiners in the eastern Pacific in 1985.

**FIGURA 10.** Distribuciones frecuencia-talla ponderadas (líneas sólidas) y sin ponderar (líneas a trazos) del aleta amarilla y barrilete capturado por cerqueros en el Pacífico oriental en 1985.



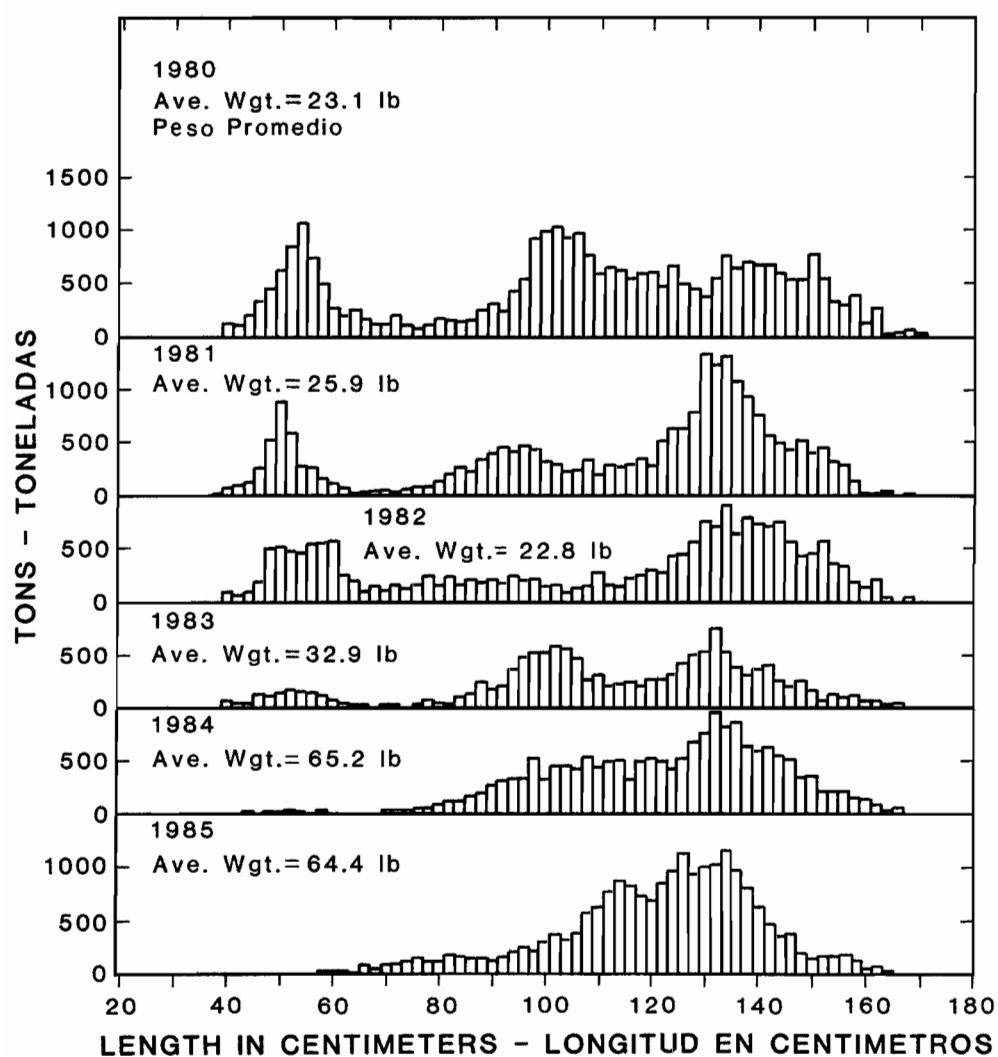
**FIGURE 11.** Yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA, 1980-1985, estimated by the weighted method.

**FIGURA 11.** Captura de aleta amarilla por intervalos de talla de 2 cm, en el ARCAA, 1980-1985, estimada por el método ponderado.



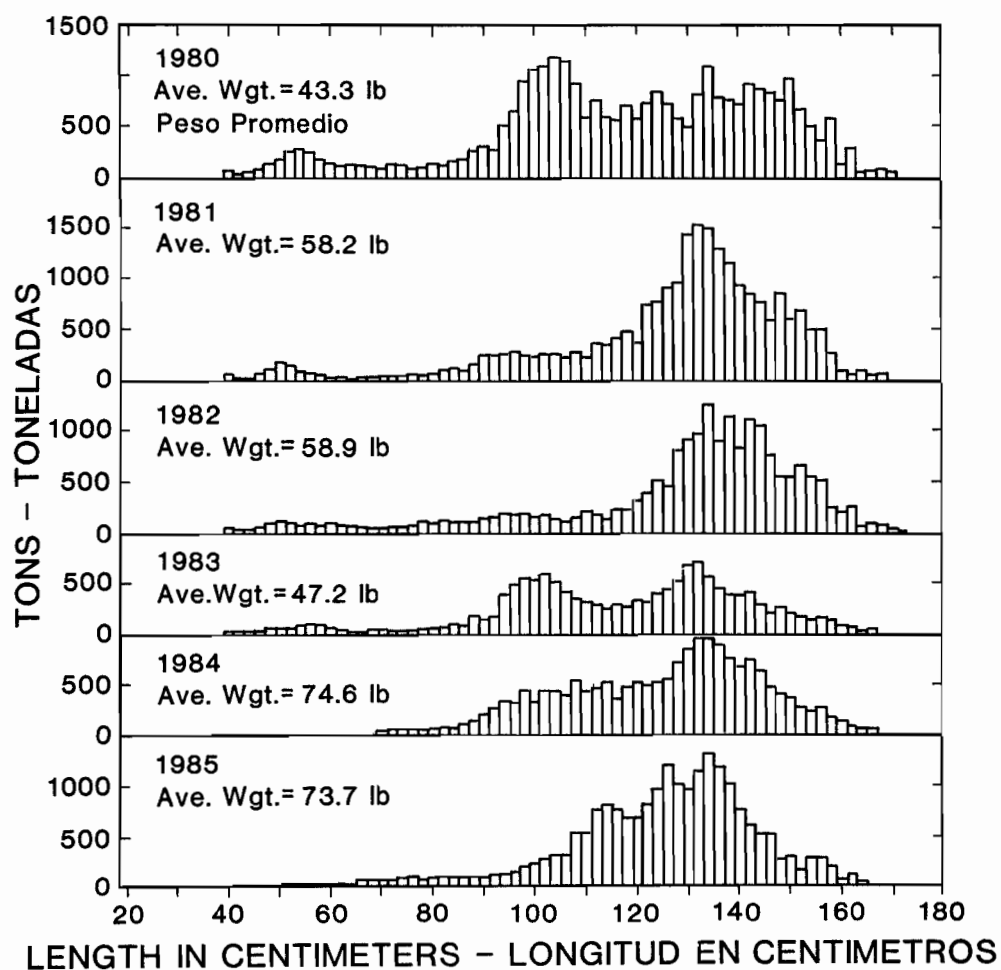
**FIGURE 12.** Yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA, 1980-1985, estimated by the unweighted method.

**FIGURA 12.** Captura de aleta amarilla por intervalos de talla de 2 cm, en el ARCAA, 1980-1985, estimada por el método no ponderado.



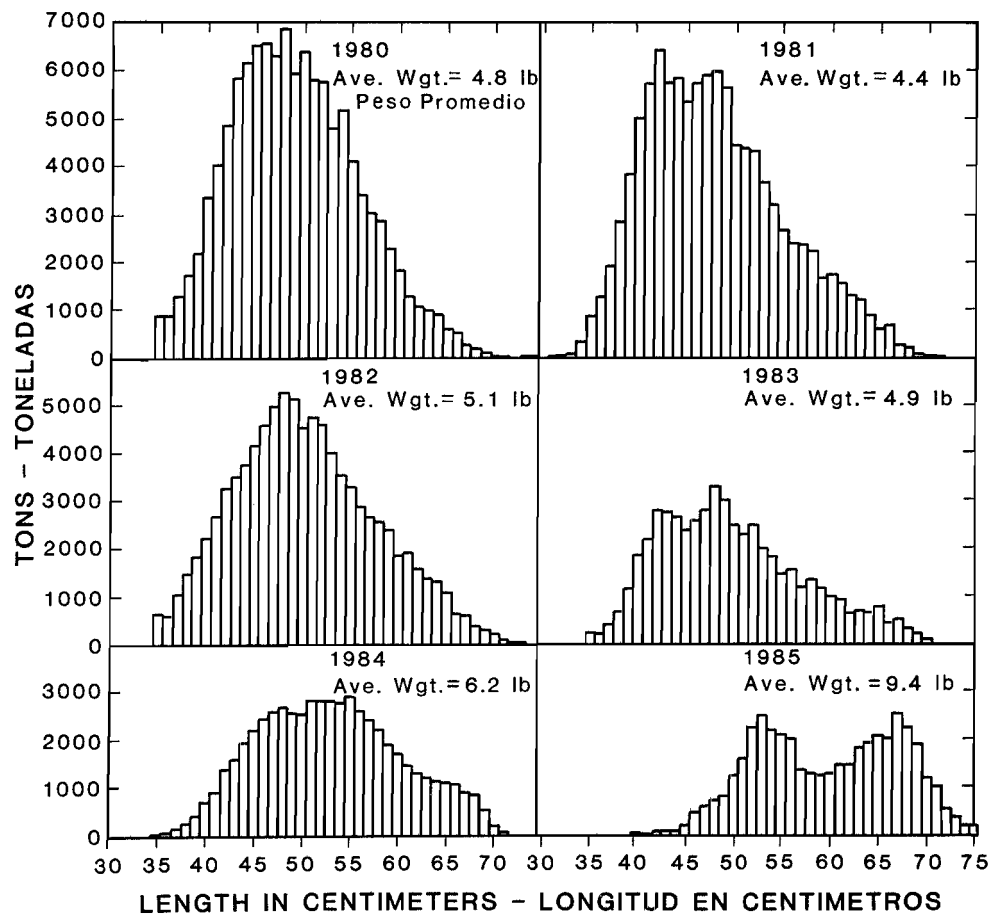
**FIGURE 13.** Yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W, 1980-1985, estimated by the weighted method.

**FIGURA 13.** Captura de aleta amarilla por intervalos de 2 cm de talla, entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1980-1985, estimada por el método ponderado.



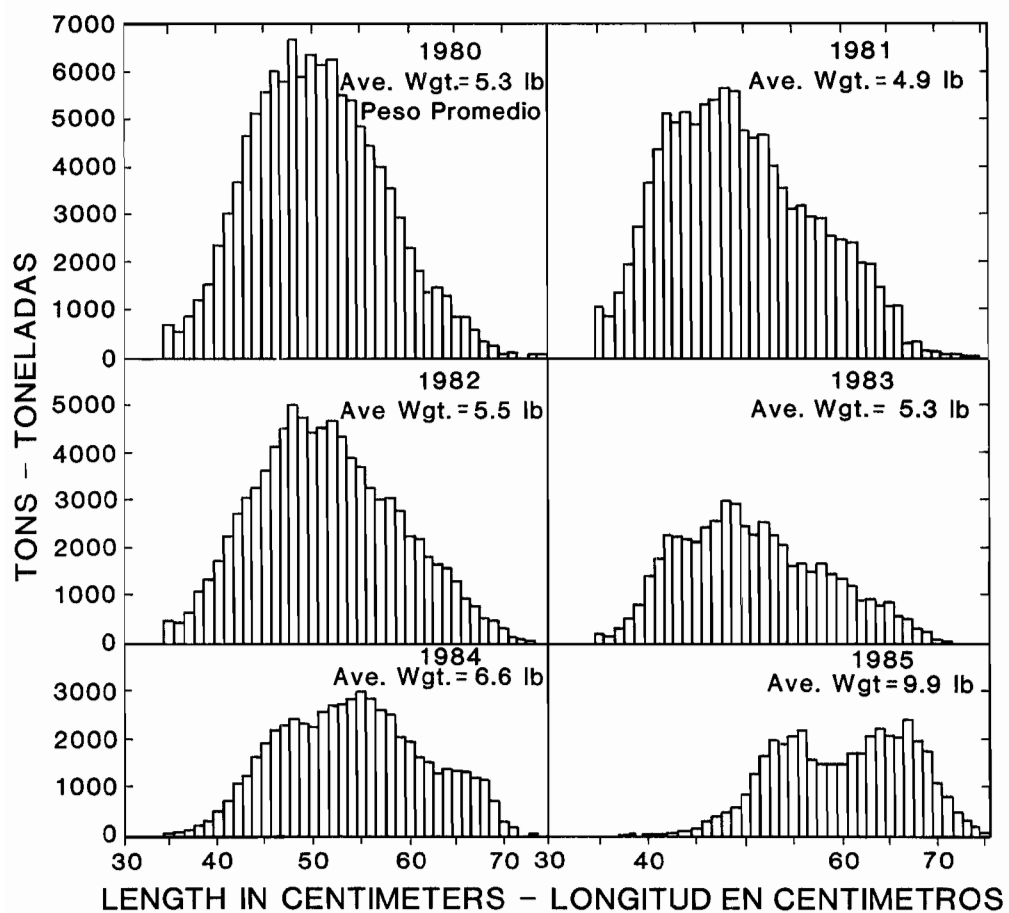
**FIGURE 14.** Yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W, 1980-1985, estimated by the unweighted method.

**FIGURA 14.** Captura de aleta amarilla por intervalos de talla de 2 cm, entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1980-1985, estimada por el método no ponderado.



**FIGURE 15.** Skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific, 1980-1985, estimated by the weighted method.

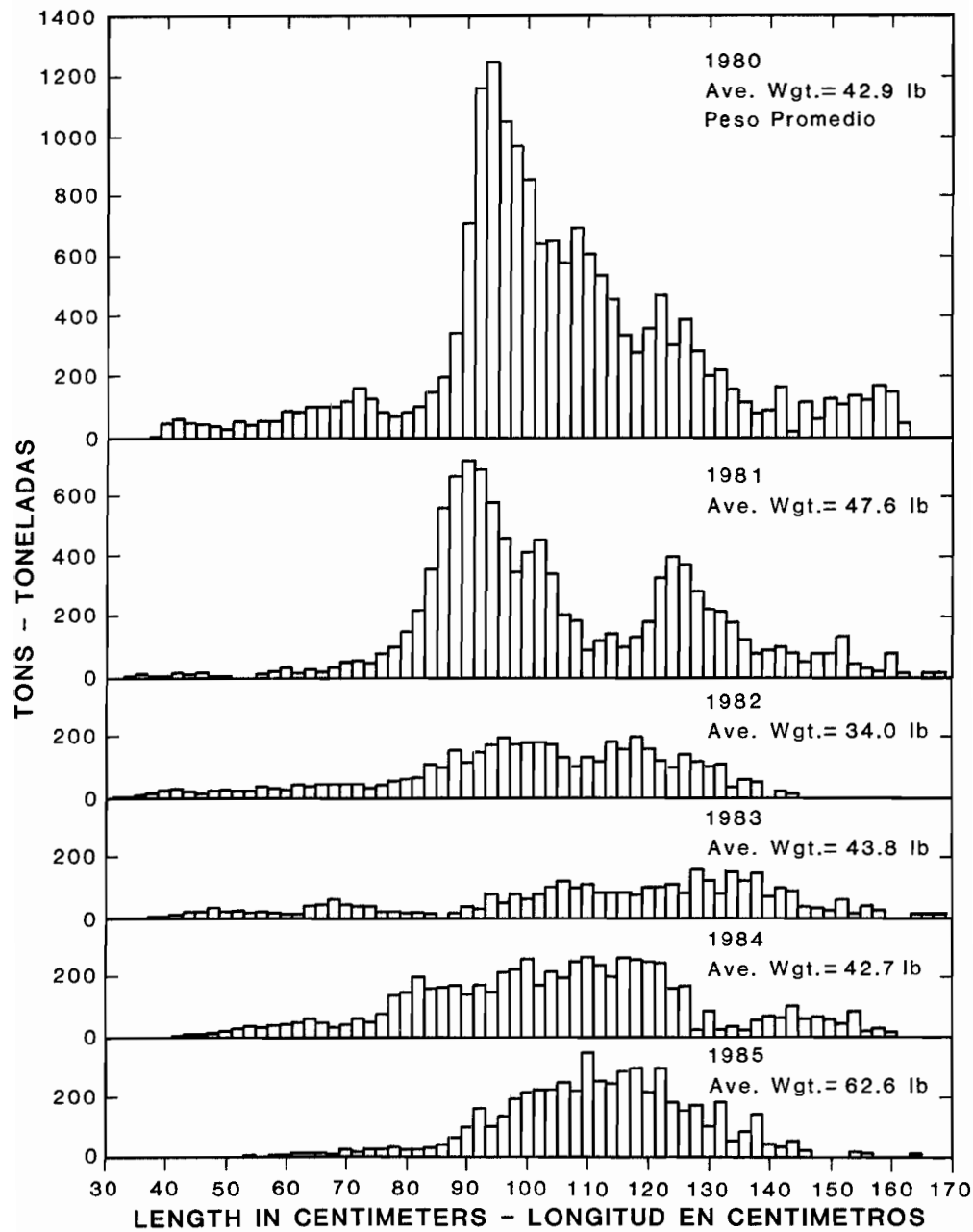
**FIGURA 15.** Captura de barrilete por intervalos de talla de 1 cm, en el Pacífico oriental, 1980-1985, estimada por el método ponderado.



**FIGURE 16.** Skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific, 1980-1985, estimated by the unweighted method.

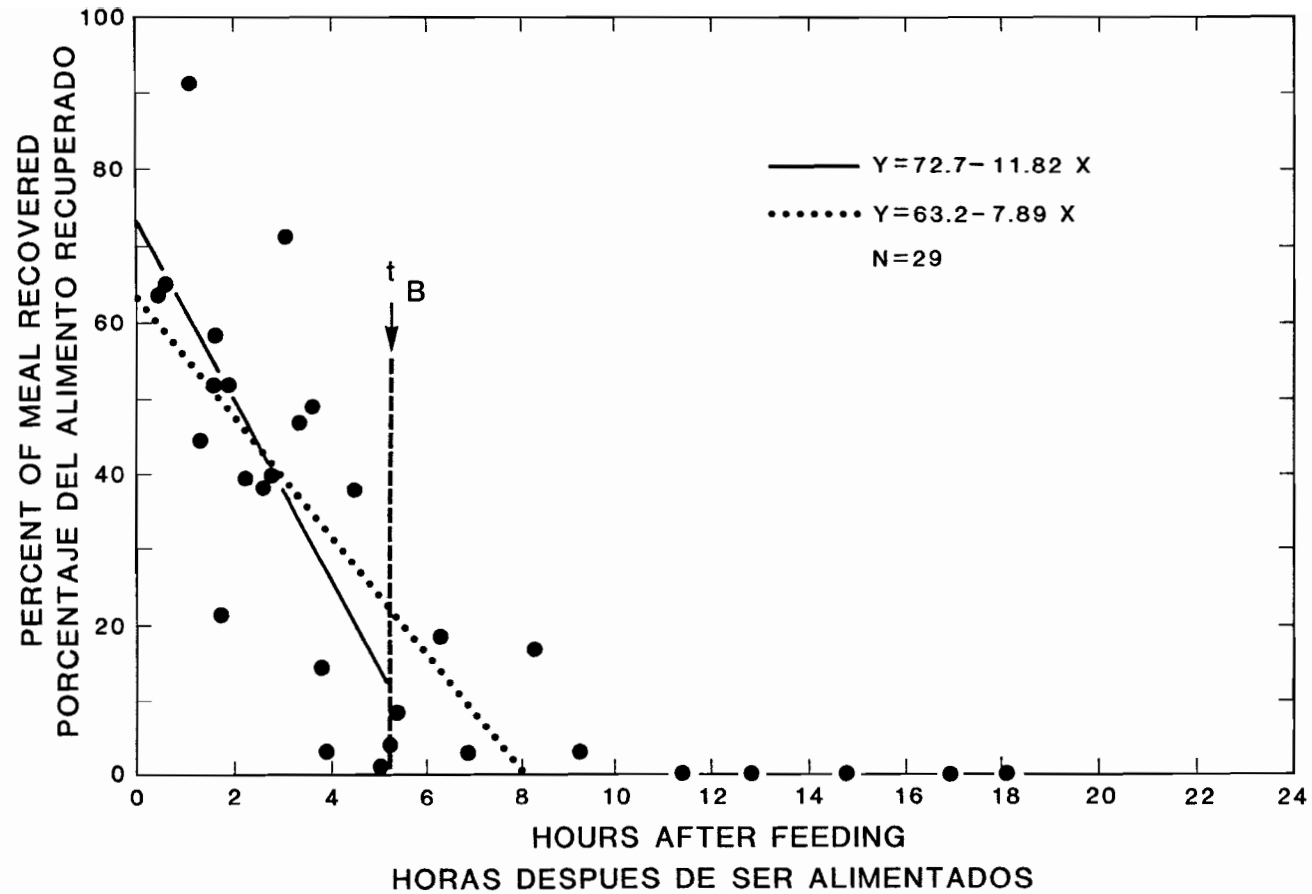
**FIGURA 16.** Captura de barrilete por intervalos de talla de 1 cm, en el Pacífico oriental, 1980-1985, estimada por el método no ponderado.





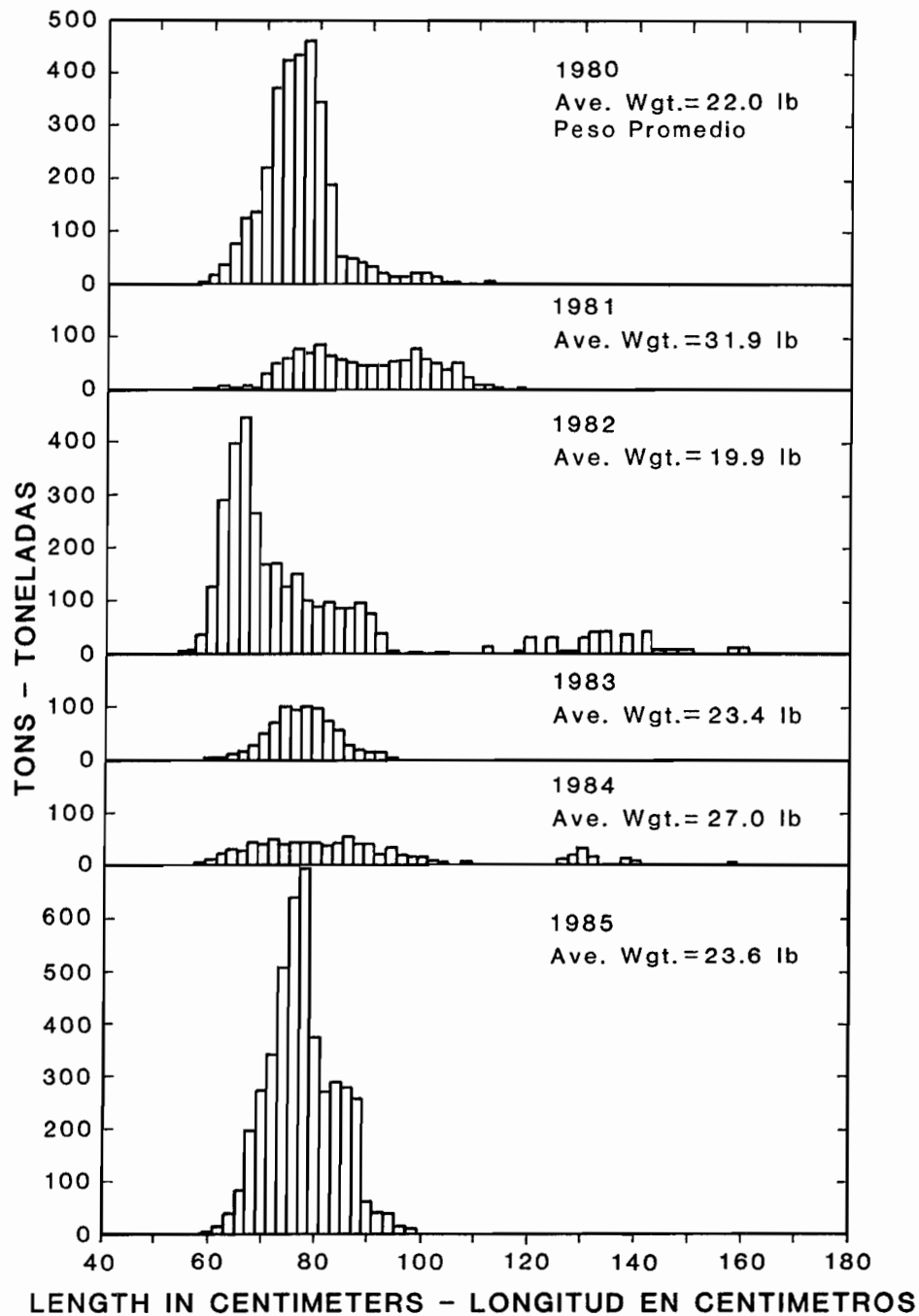
**FIGURE 17.** Bigeye catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific, 1980-1985, estimated by the unweighted method.

**FIGURA 17.** Captura de patudo por intervalos de talla de 2 cm, en el Pacífico oriental, 1980-1985, estimada por el método no ponderado.



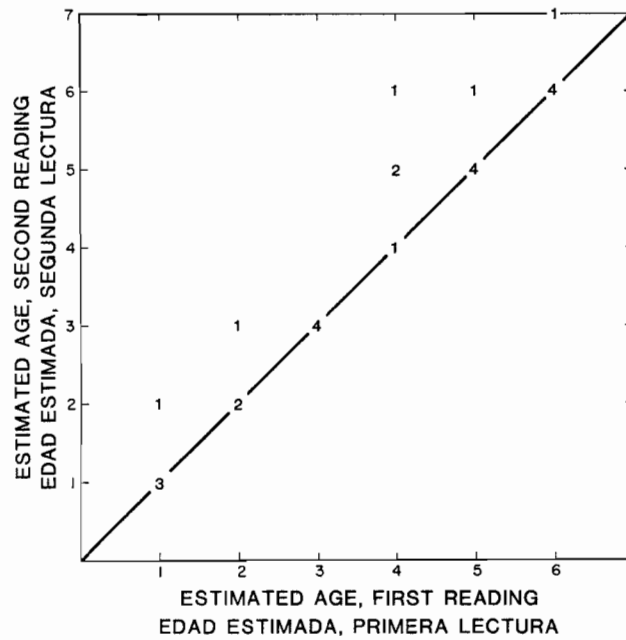
**FIGURE 18.** Percentage of a meal of nehu recovered from the stomachs of yellowfin versus the time elapsed since feeding. The dotted line is fitted to all the data, and the solid line only to those data for which the elapsed time was less than  $t_B$ .

**FIGURA 18.** Porcentaje de una comida de nehu obtenida de los estómagos de atunes aleta amarilla versus el tiempo transcurrido desde la alimentación. La línea a trazos ha sido ajustada a todos los datos y la línea continua solo a los datos en los que el tiempo transcurrido fue menos de  $t_B$ .



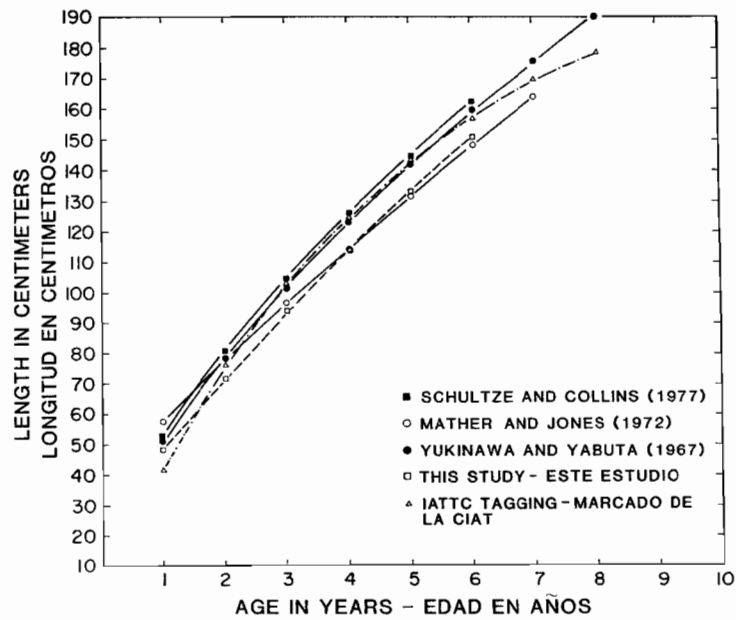
**FIGURE 19.** Northern bluefin catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific, 1980-1985, estimated by the unweighted method.

**FIGURA 19.** Captura de aleta azul del norte por intervalos de talla de 2 cm, en el Pacífico oriental, 1980-1985, estimada por el método no ponderado.



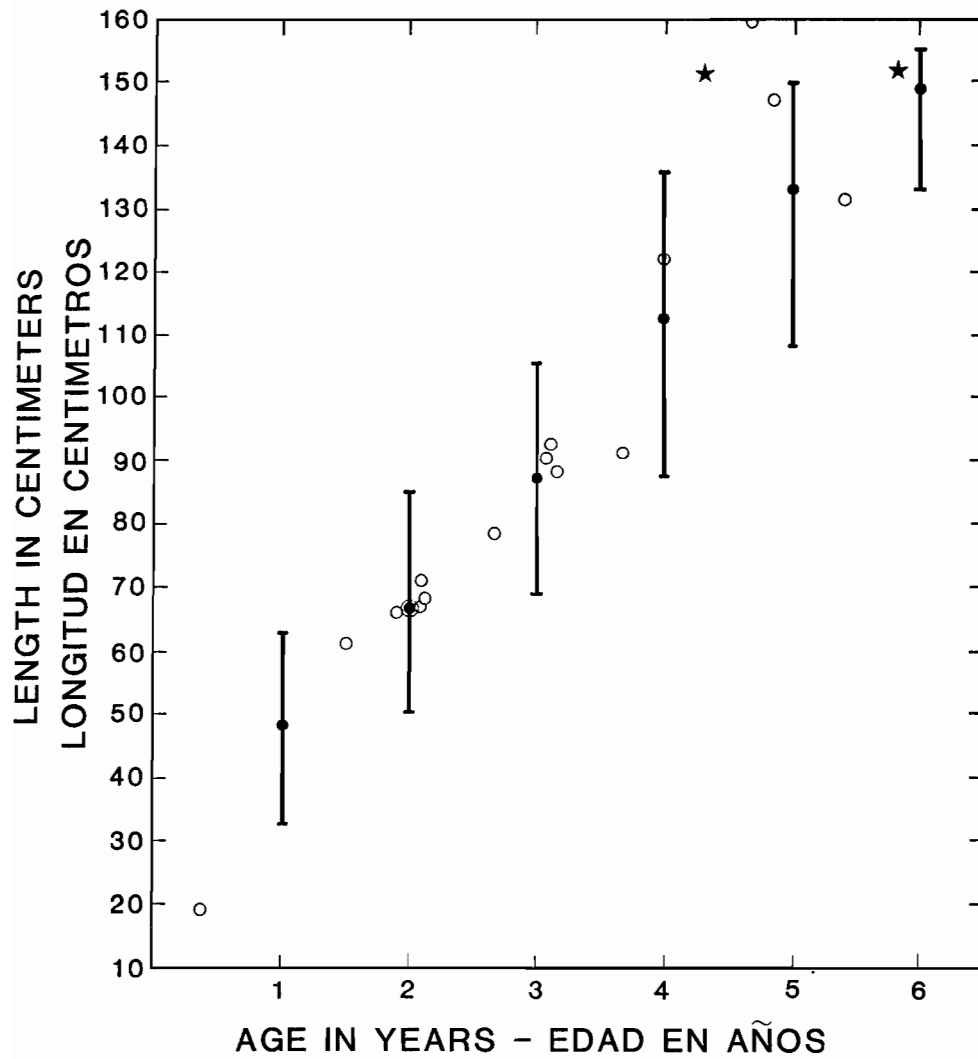
**FIGURE 20.** Successive readings for 25 bluefin vertebrae. The numbers indicate the numbers of vertebrae.

**FIGURA 20.** Lecturas consecutivas de 25 vértebras de aleta azul. Los números indican la cantidad de vértebras.



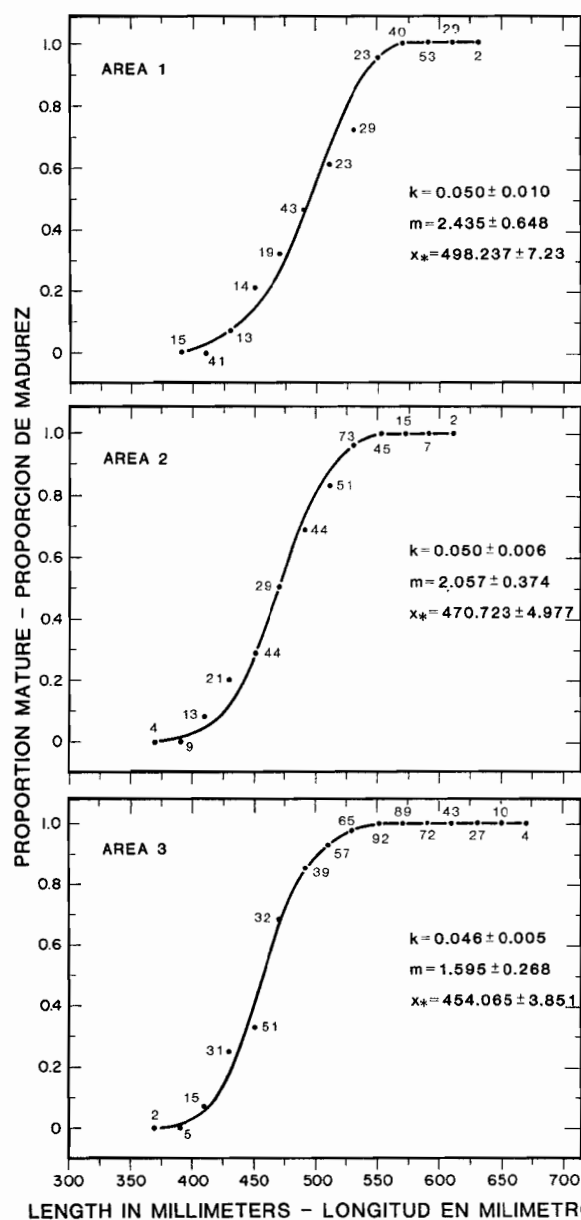
**FIGURE 21.** Comparison of growth curves for bluefin.

**FIGURA 21.** Comparación de las curvas de crecimiento del aleta azul.



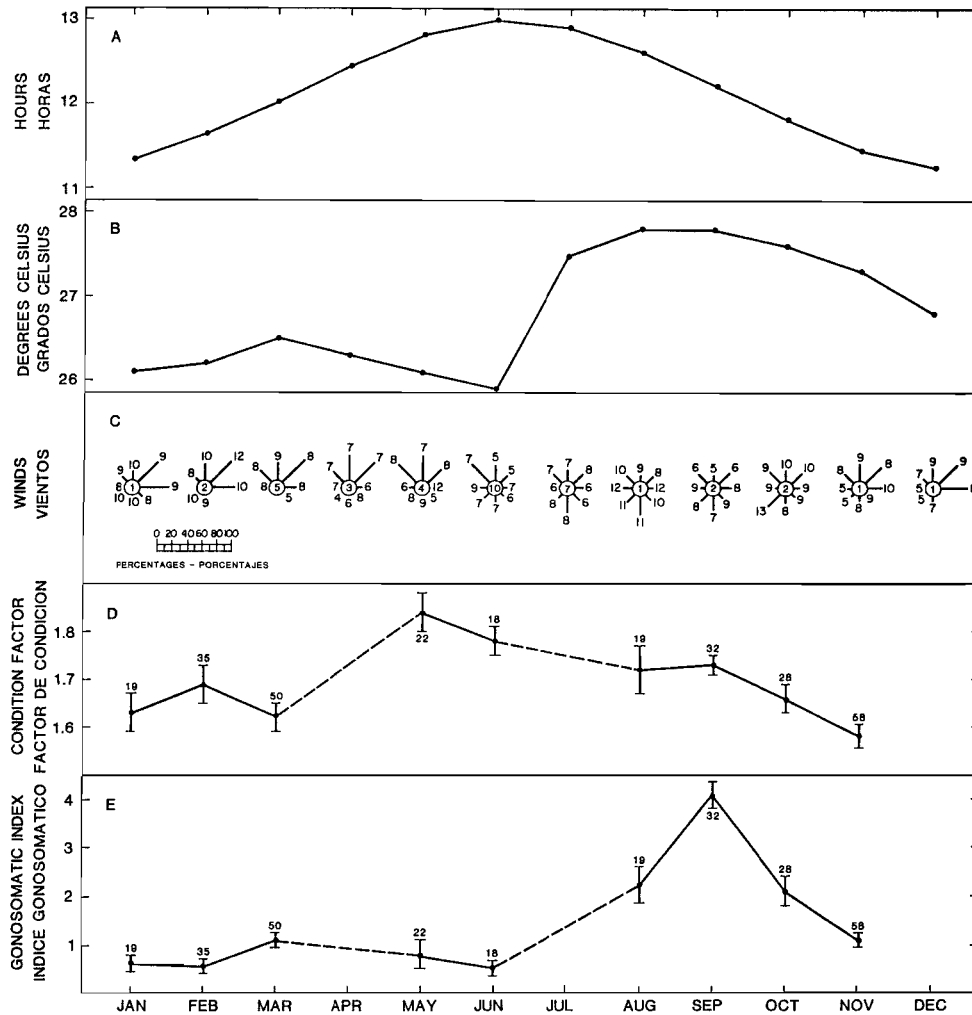
**FIGURE 22.** Comparison of age estimates of bluefin from vertebral annuli (bars) and otolith daily increments (circles). The stars denote two estimates for a 151-cm fish at different magnifications. This is explained further in the text.

**FIGURA 22.** Comparación de las estimaciones de la edad de aleta azul según los anillos (barras) formados en las vértebras y los incrementos diarios de los otolitos (círculos). Las estrellas indican dos estimaciones de un pez de 151 cm en diferentes ampliaciones. Esto esto se explica más en el texto.



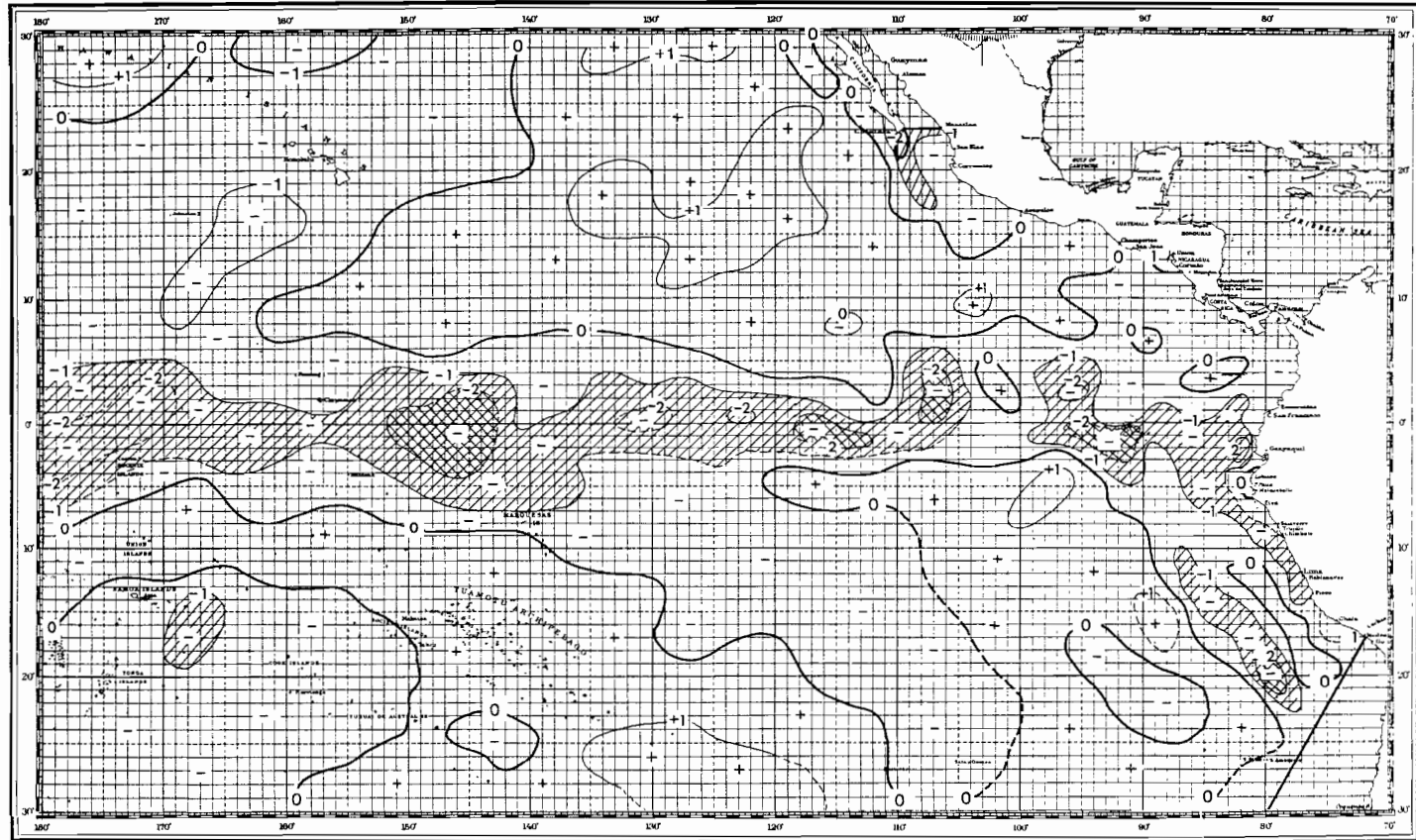
**FIGURE 23.** Relationships between the proportions of mature black skipjack and their lengths. The values next to the dots are the numbers of fish examined at each 20-mm length interval. The  $k$  and  $m$  values are estimates of parameters of the Richards growth function, and the  $x^*$  values are the lengths at inflection, followed by their standard errors.

**FIGURA 23.** Relación entre las proporciones de hembras maduras de barrilete negro y su talla. Los valores próximos a los puntos son las cantidades de peces examinadas a cada intervalo de 20 mm de longitud. Los valores de  $k$  y  $m$  son las estimaciones de los parámetros de la función de crecimiento de Richards y los valores de  $x^*$  son las longitudes a los puntos de inflexión, seguidas por los errores normales.



**FIGURE 24.** Monthly values for (A) photoperiod, (B) sea-surface temperature, (C) wind observations, (D) condition factor of black skipjack, and (E) gonosomatic index of black skipjack for Area 1 during 1981. In Panels D and E the means and 95-percent confidence limits above and below the means are represented by dots and vertical bars, respectively. The numbers of fish are given for each representation. Stage-1 (immature) fish are not included in Panels D and E.

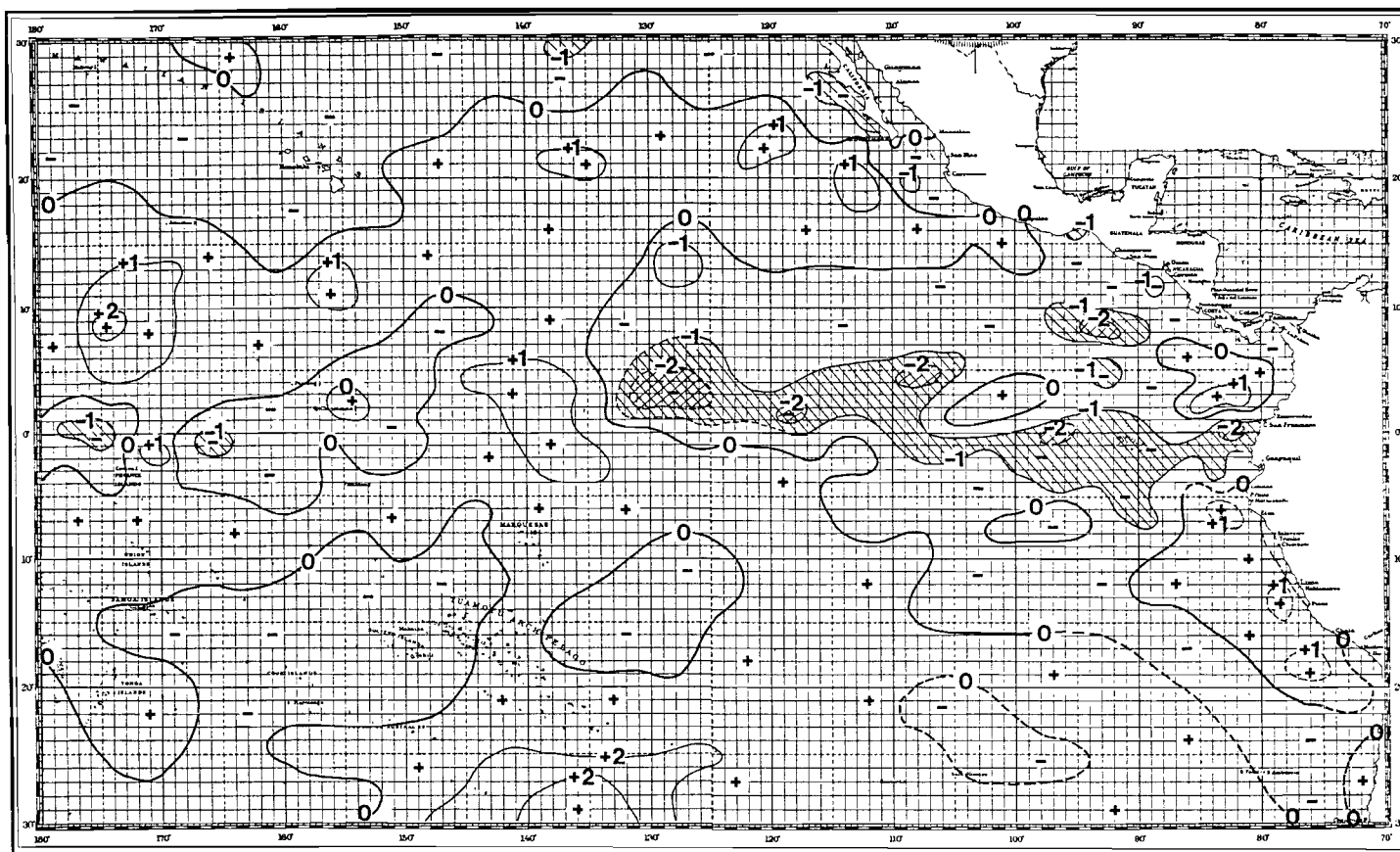
**FIGURA 24.** Valores mensuales de (A) fotoperíodo, (B) temperatura superficial del mar, (C) observaciones del viento, (D) factor de condición del barrilete negro y (E) índice gonosomático de barrilete negro en el Area 1 en 1981. En los recuadros D y E la media y los límites de confianza del 95 por ciento superiores e inferiores a las medias son representados respectivamente por puntos y barras verticales. Se indican en cada representación las cantidades de peces. No se incluyen en los recuadros D y E los peces en el estadio 1 (inmaduros).



**FIGURE 25.** Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for June 1985, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 3°C below normal are hatched.

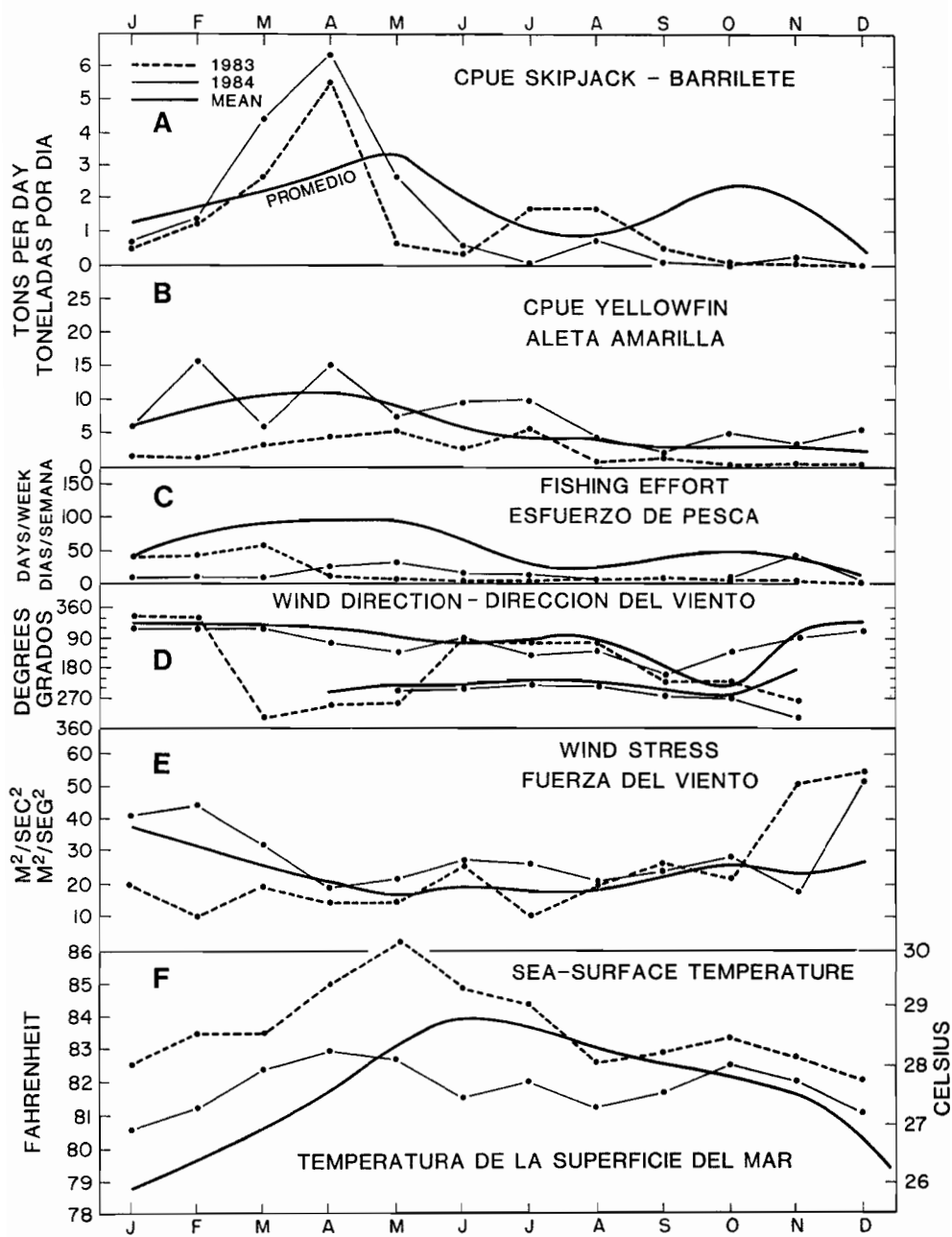
**FIGURA 25.** Divergencias (anomalías) de las TSM con relación a las temperaturas normales a largo plazo en junio de 1985, basadas en los datos de embarcaciones mercantes y de pesca. Las zonas con TSM de 1° a 3°C inferiores a lo normal están sombreadas.





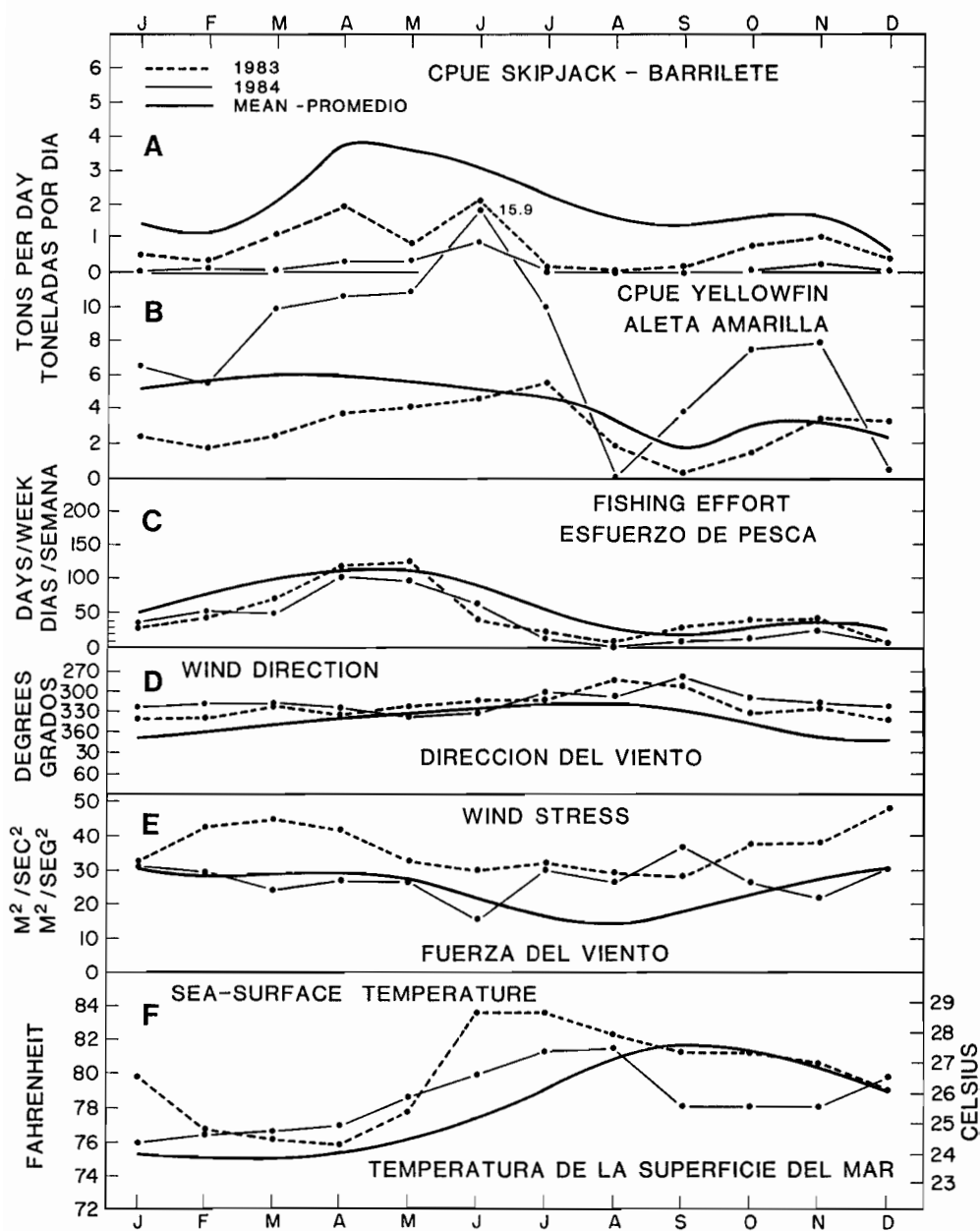
**FIGURE 26.** Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for November 1985, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 3°C below normal are hatched.

**FIGURA 26.** Divergencias (anomalías) de las TSM con relación a las temperaturas normales a largo plazo en noviembre de 1985, basadas en los datos de embarcaciones mercantes y de pesca. Las zonas con TSM de 1° a 3°C inferiores a lo normal están sombreadas.



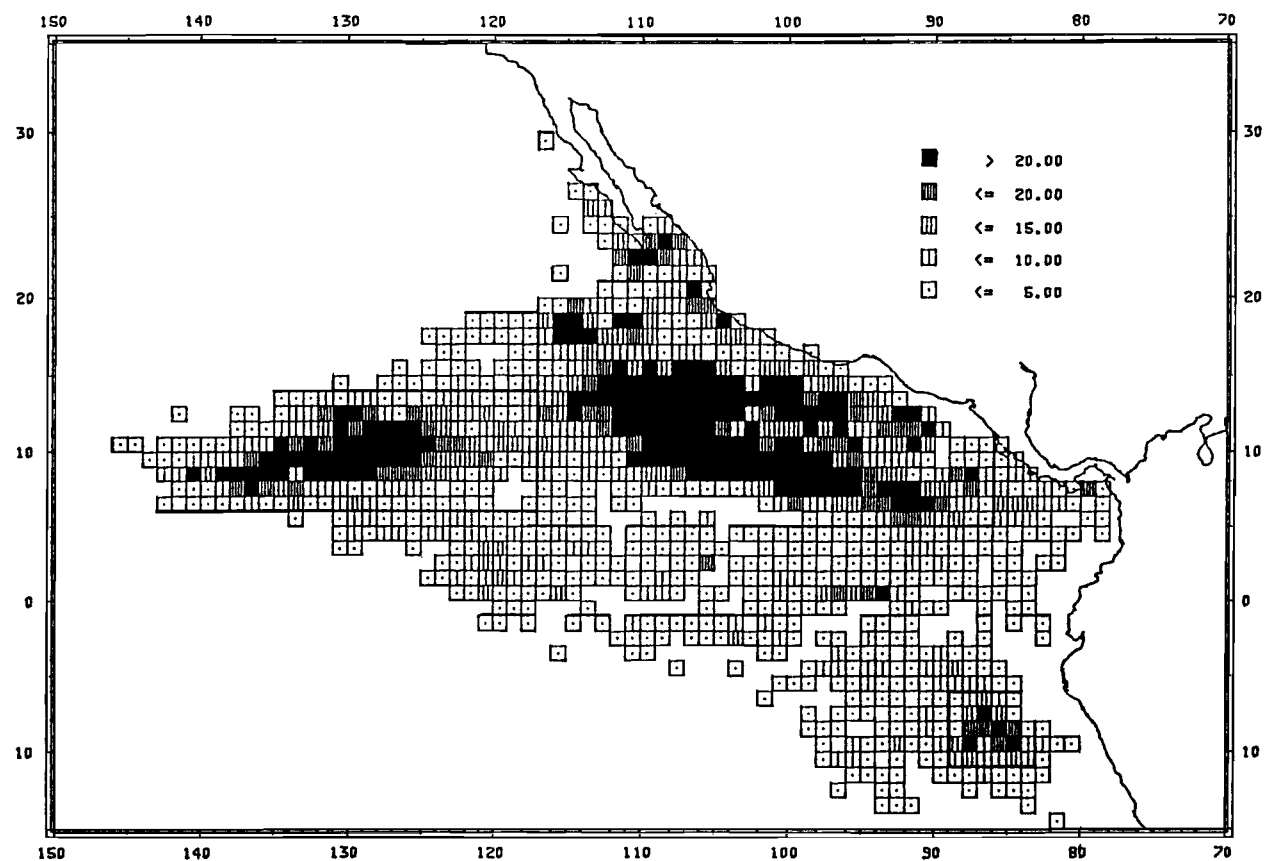
**FIGURE 27.** Fishing and environmental data for the Costa Rica Dome, centered at about 10°N-90°W. The heavy solid lines represent the 1962-1984 means. The figure is explained further in the text.

**FIGURA 27.** Datos ambientales y de pesca del Domo de Costa Rica, centralizado cerca a los 10°N-90°W. Las líneas gruesas continuas representan las medias de 1962-1984. La figura se explica más en el texto.



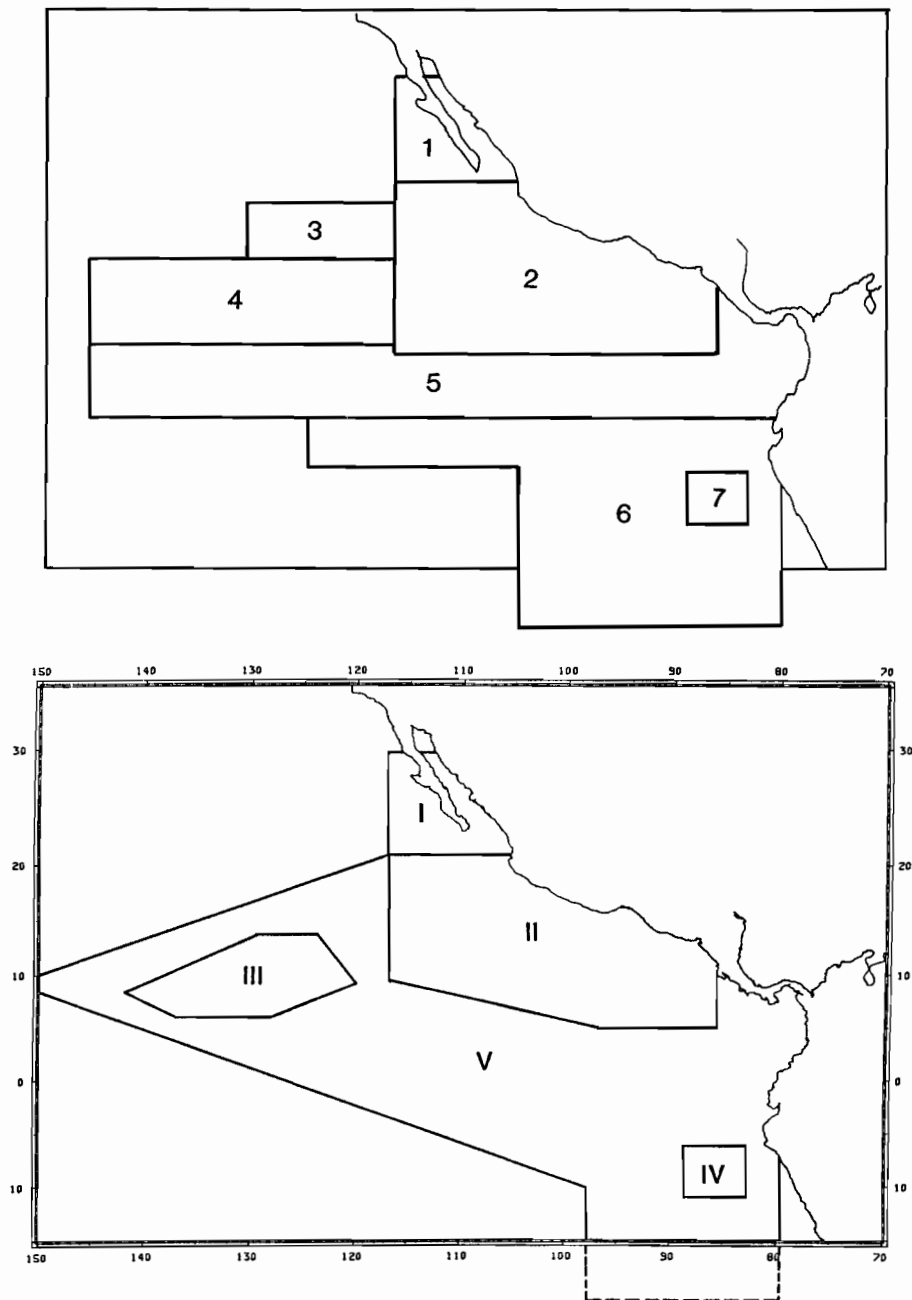
**FIGURE 28.** Fishing and environmental data for the Cape San Lucas-Cape Corrientes-Revillagigedo Islands area, centered at about 19°N-110°W. The heavy solid lines represent the 1962-1984 means. The figure is explained further in the text.

**FIGURA 28.** Datos ambientales y de pesca de la zona del Cabo San Lucas, Cabo Corrientes e islas Revillagigedo, localizada cerca a los 19°N-110°W. Las líneas gruesas continuas representan las medias de 1962-1984. En el texto se explica más la figura.



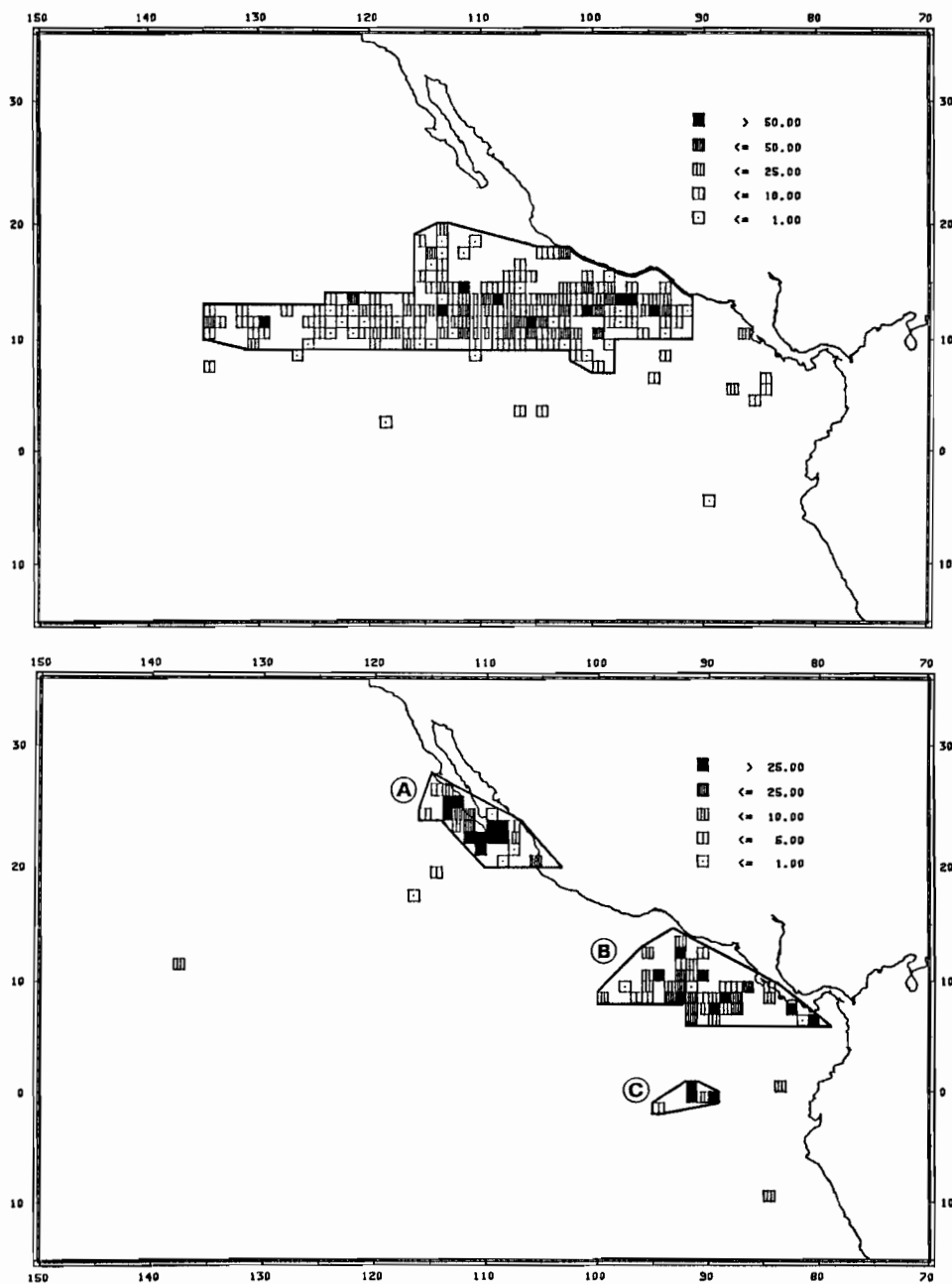
**FIGURE 29.** Numbers of sets made on porpoise-associated tunas during 1979-1983, estimated from U.S. NMFS observer and IATTC scientific technician data.

**FIGURA 29.** Número realizado de lances sobre atunes asociados con delfines durante 1979-1983, estimado según los datos de los observadores del NMFS de los EEUU y de los técnicos científicos de la CIAT.



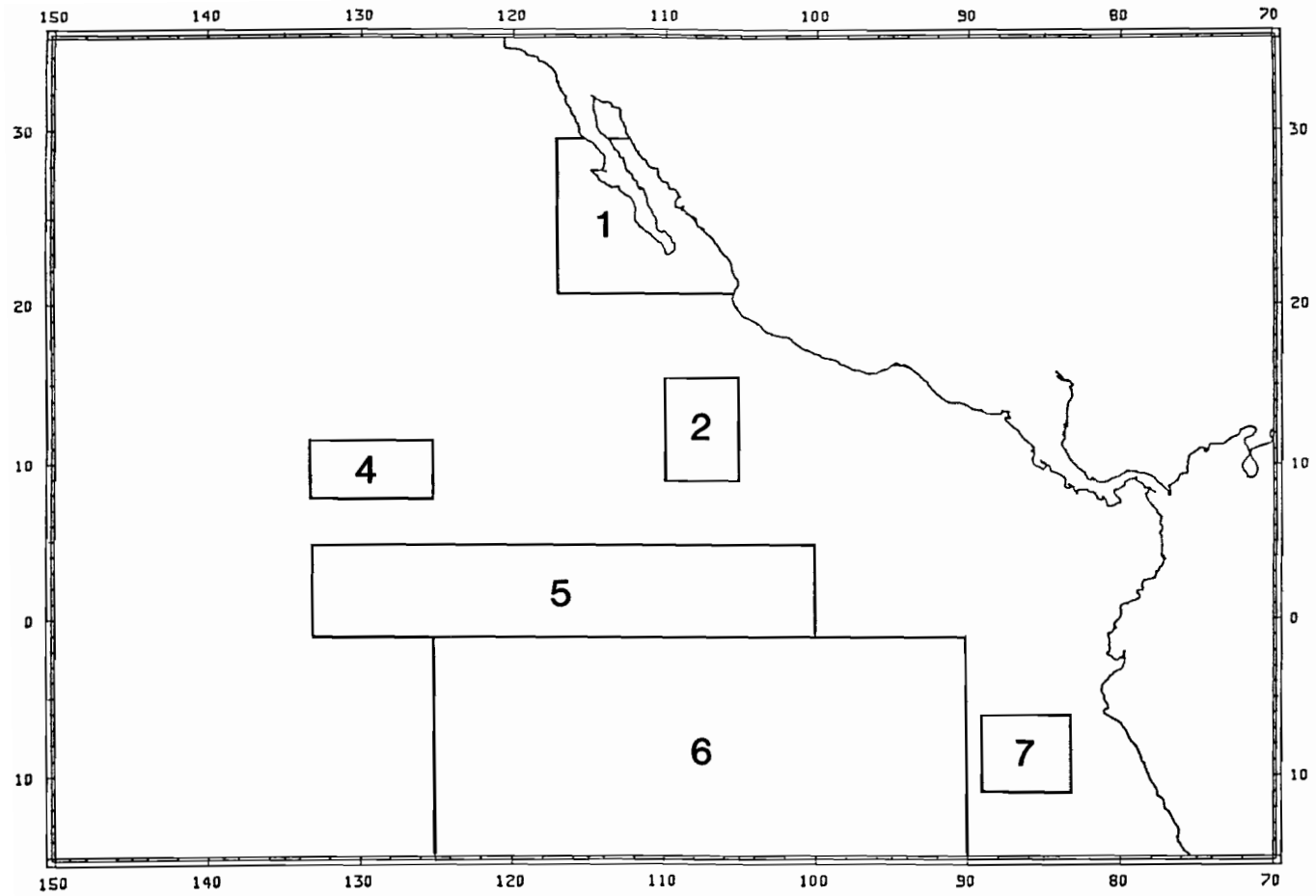
**FIGURE 30.** Old (upper panel) and new (lower panel) area strata used for estimation of mortality of offshore spotted and whitebelly spinner dolphins.

**FIGURA 30.** Estratos por zona usados para estimar la mortalidad de los delfines manchados de alta mar y los delfines tornillo panza blanca; antiguos (recuadro superior) y nuevos (recuadro inferior).



**FIGURE 31.** Area strata used for estimation of mortality of eastern spinner (upper panel) and common (lower panel) dolphins. The mortalities of these during 1979-1983, estimated from U.S. NMFS observer and IATTC scientific technician data, are also shown.

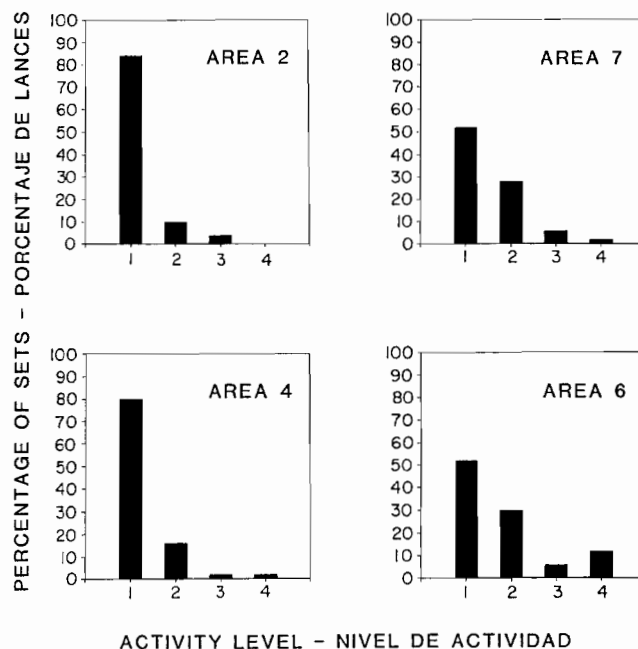
**FIGURA 31.** Estratos por zona usados para estimar la mortalidad del delfín tornillo oriental (recuadro superior) y del delfín común (recuadro inferior). Se indica además, la mortalidad de éstos durante 1979-1983, estimada según los datos de los observadores del NMFS de los EEUU y de los técnicos científicos de la CIAT.



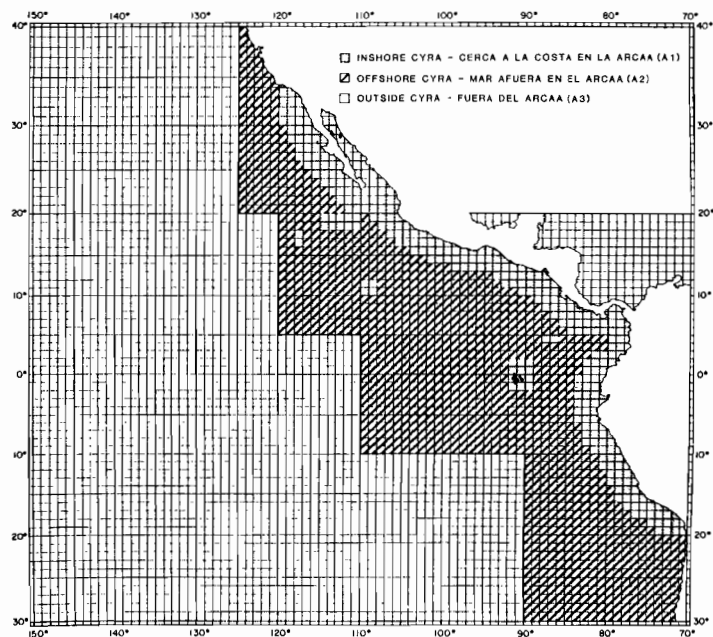
**FIGURE 32.** Areas selected for study of fishing effort, behavior, and mortality of dolphins.

**FIGURA 32.** Zonas seleccionadas para estudiar el esfuerzo de pesca, comportamiento y mortalidad de los delfines.

## TUNA COMMISSION



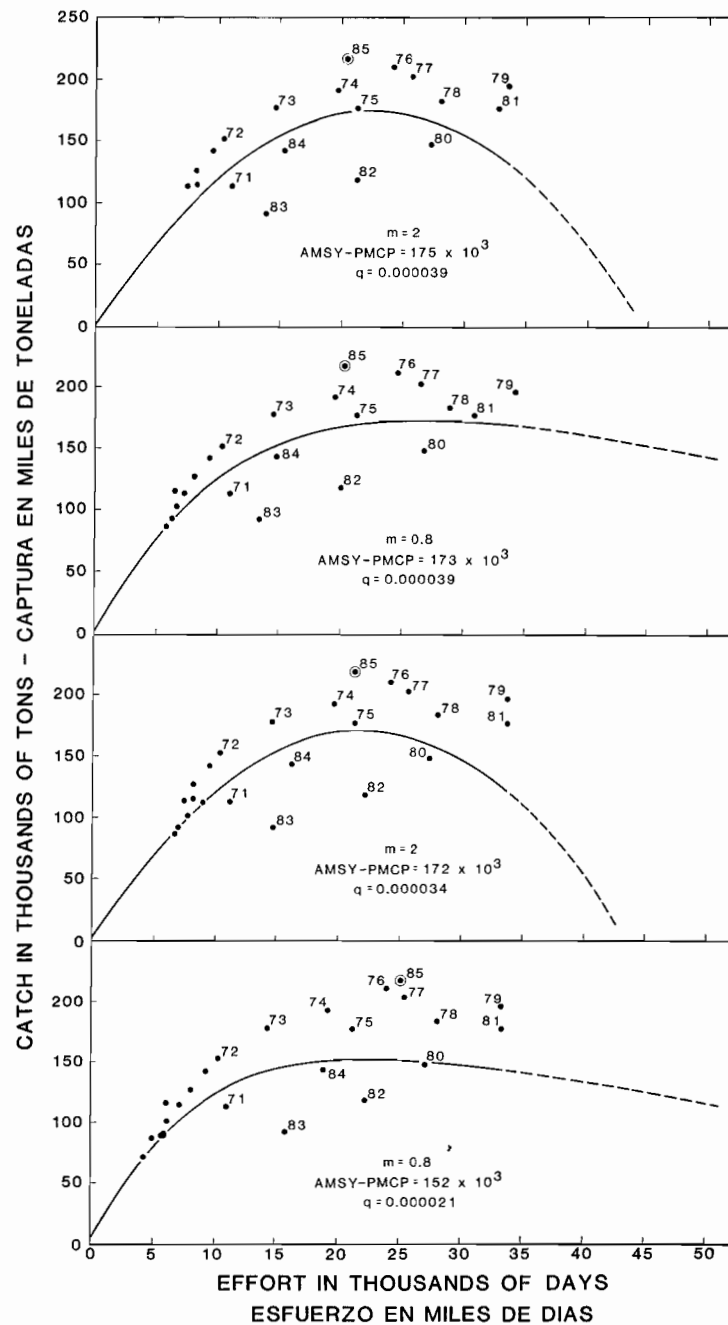
**FIGURE 33.** Activity levels of spotted dolphins after encirclement.  
**FIGURA 33.** Niveles de actividad de los delfines manchados después de cercarlos con la red.



**FIGURE 34.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

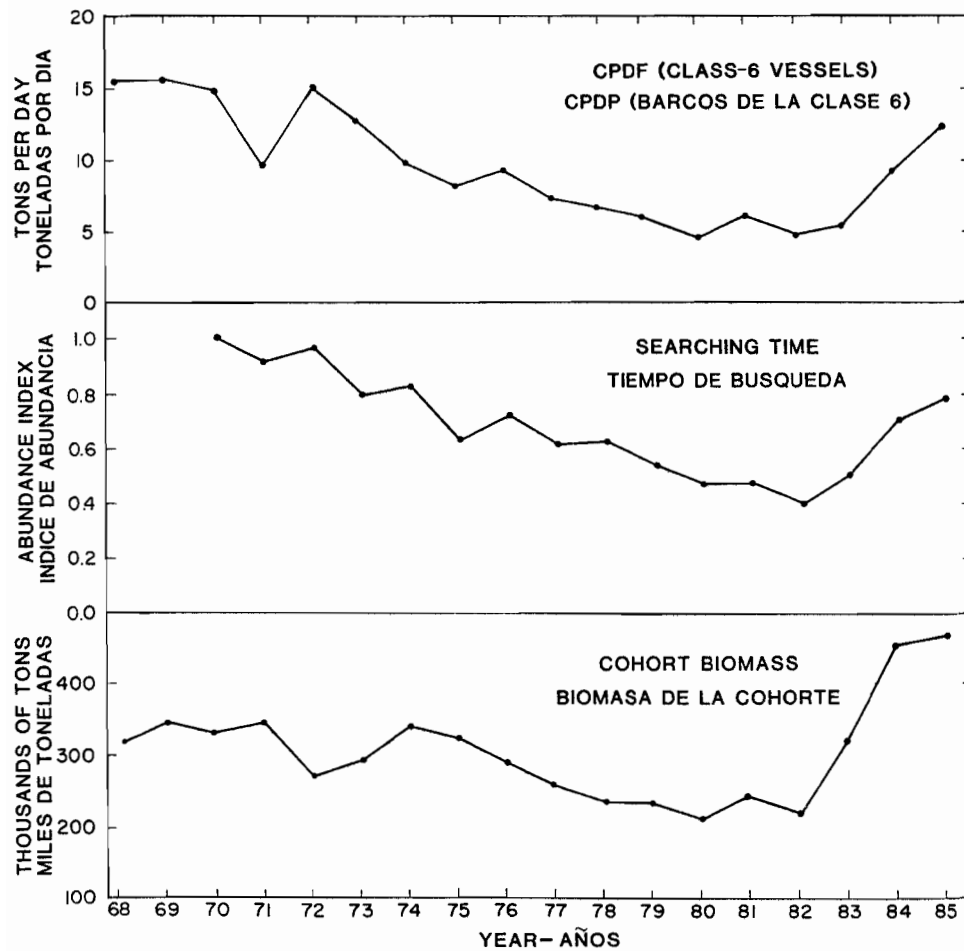
**FIGURA 34.** El Océano Pacífico oriental, en el que se indican las zonas históricas A1, de la pesca del aleta amarilla, las zonas más recientes de pesca en el ARCAA, A2 y la zona fuera del ARCAA, A3.





**FIGURE 35.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1985, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with  $q$  set at 0.000039 and  $q$  not set at any value.

**FIGURA 35.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1985, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo generalizado de producción del stock (asimétrico) dándole a  $q$  un valor de 0.000039 y no dándole ningún valor.



**FIGURE 36.** Three indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1968-1985.

**FIGURA 36.** Tres índices de abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1985.

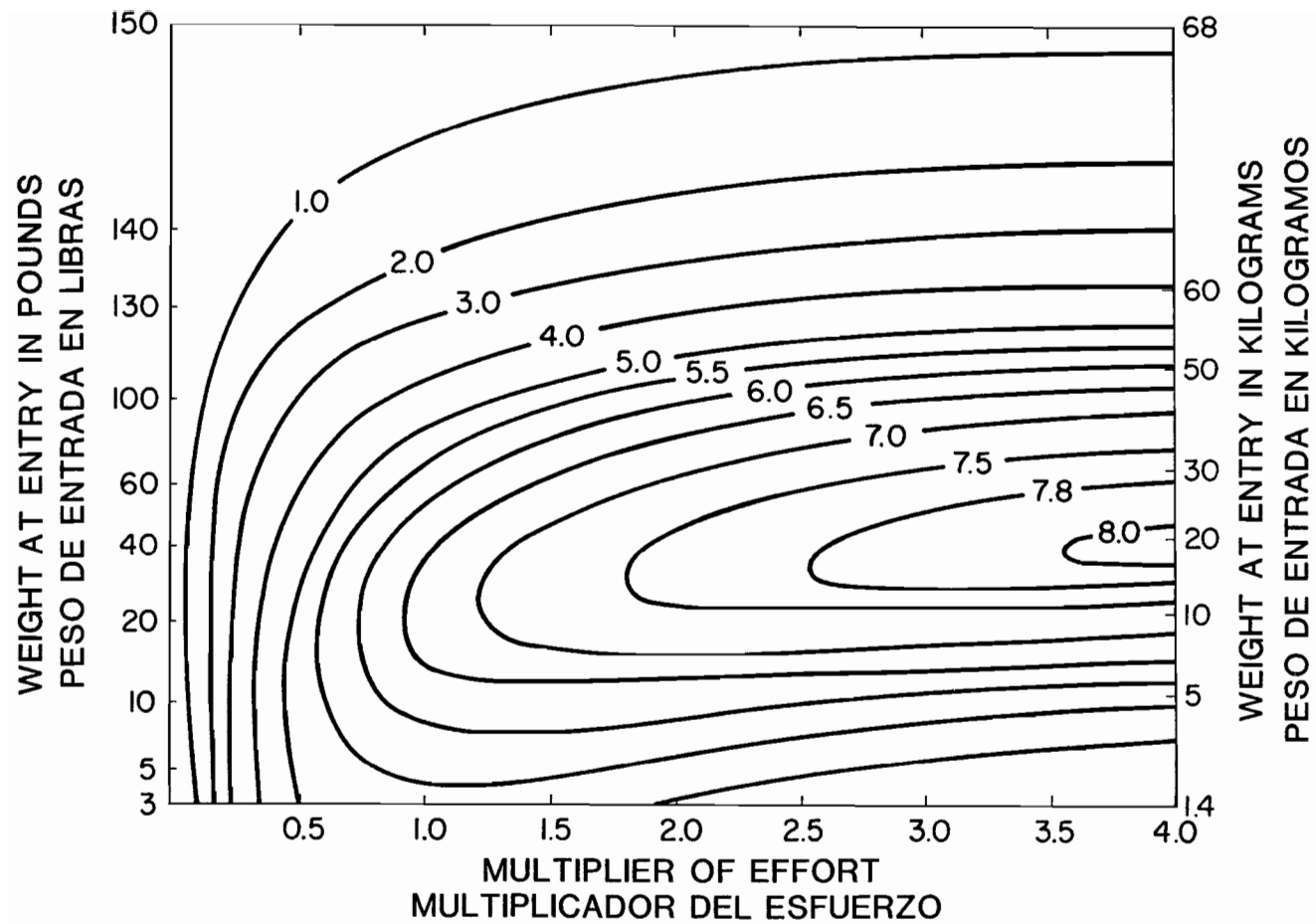
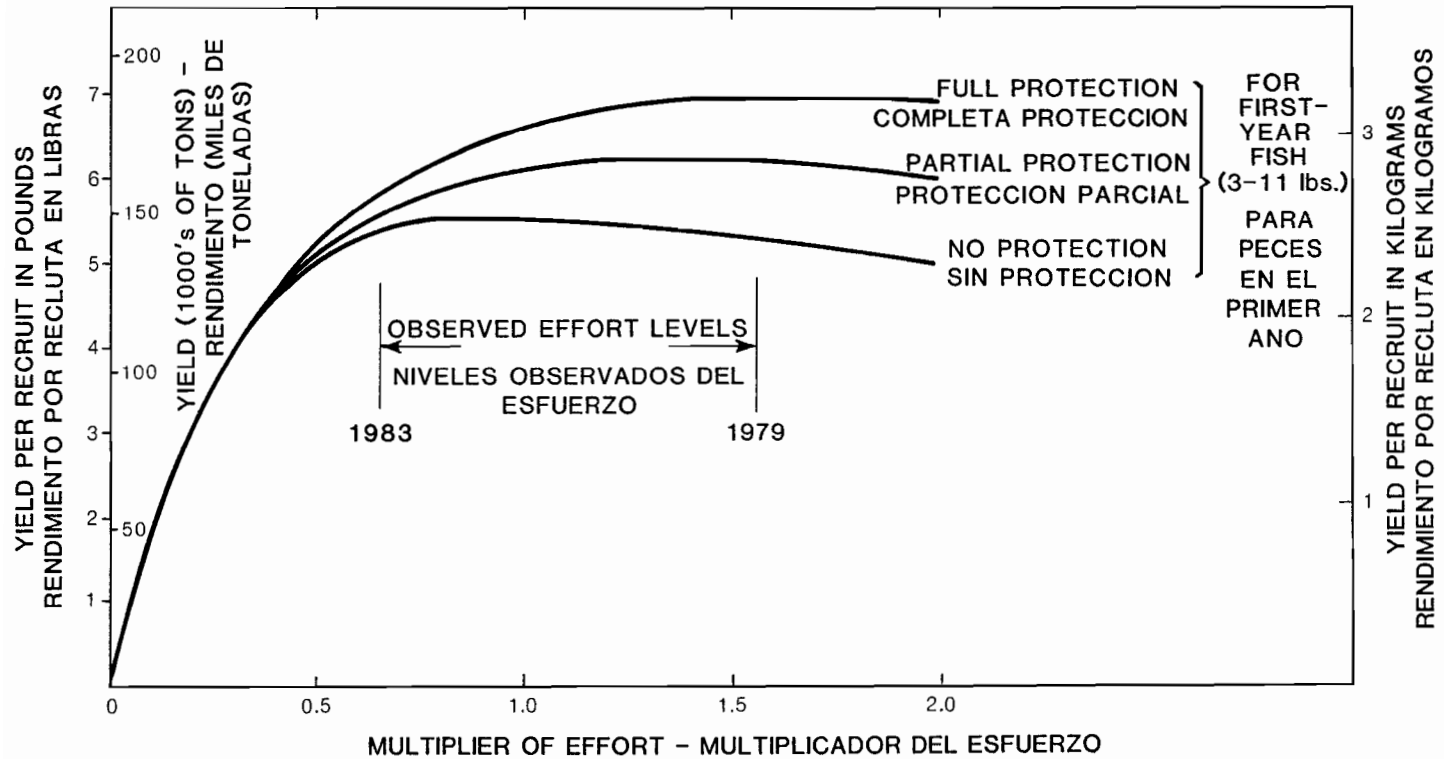


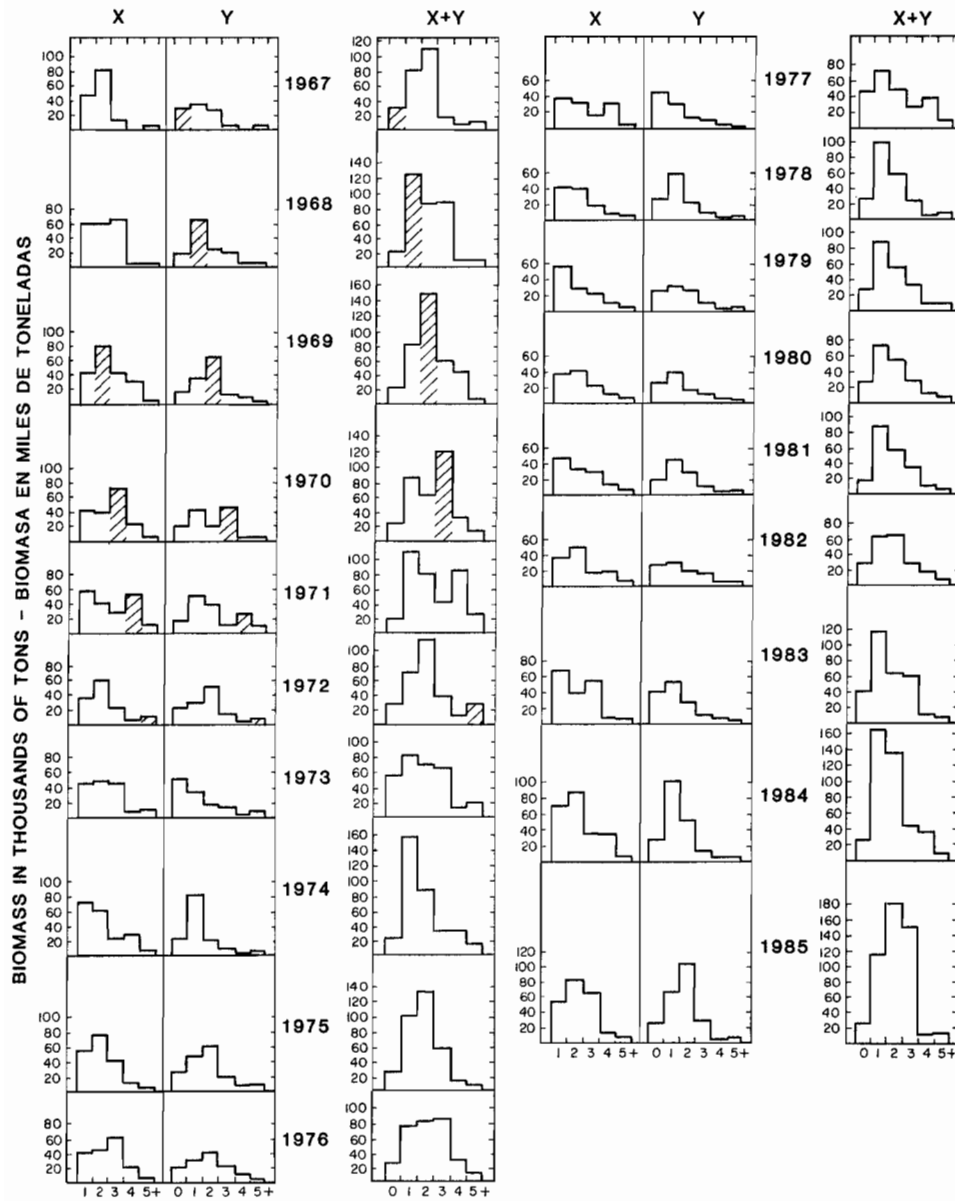
FIGURE 37. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

FIGURA 37. Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla.



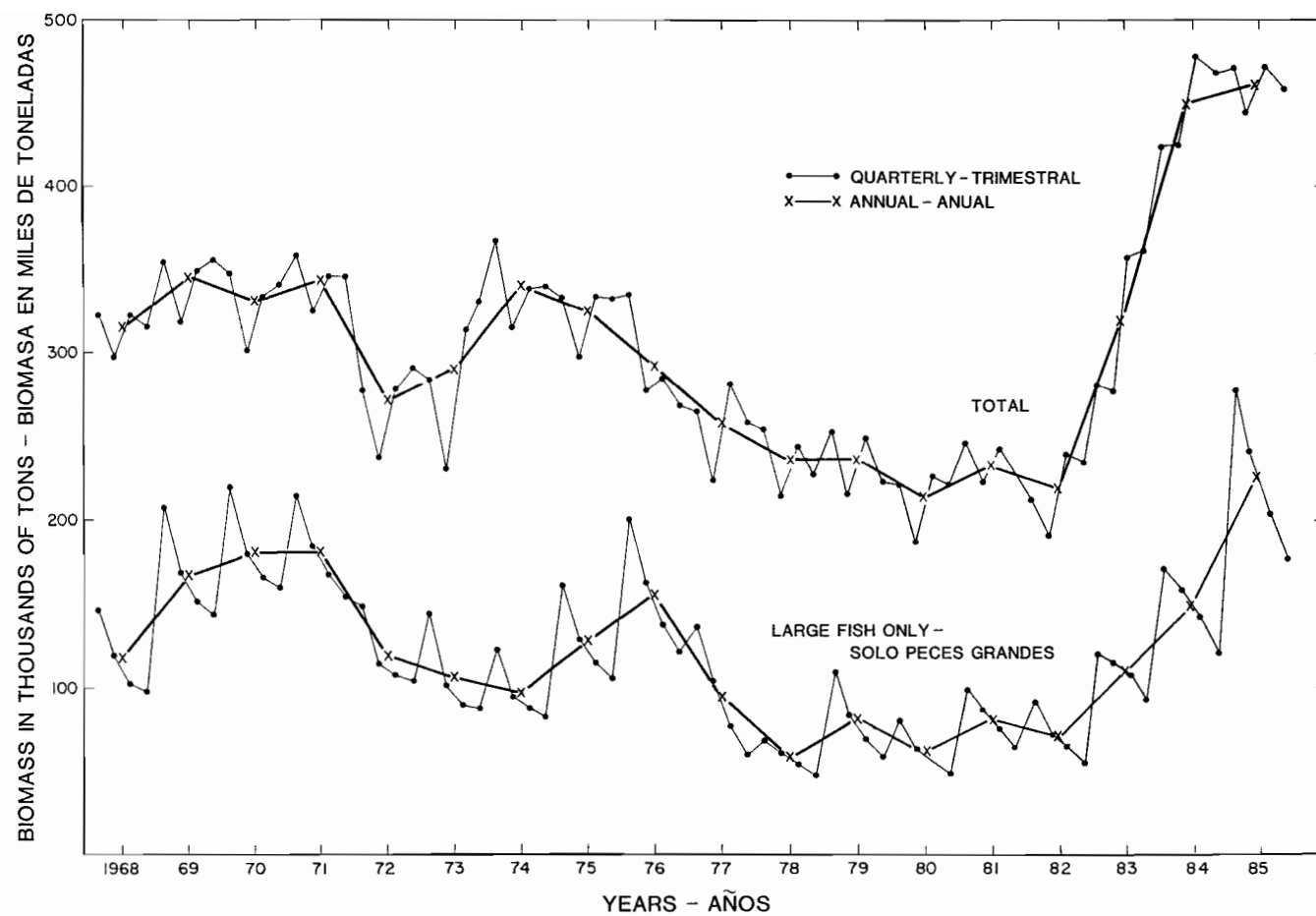
**FIGURE 38.** Yields per recruit of yellowfin at various multiples of fishing effort, assuming three different combinations of age-specific fishing mortality. The “full-protection” curve corresponds to the late 1960’s and early 1970’s, when effort was directed more toward larger fish, and the “no-protection” curve corresponds to the period from the mid-1970’s to the early 1980’s, when effort was directed more toward smaller fish.

**FIGURA 38.** Rendimientos por recluta del aleta amarilla a varios múltiplos del esfuerzo de pesca, al suponer tres combinaciones diferentes de la mortalidad por pesca a edad específica. La curva “de protección completa” corresponde al final de los años sesenta y comienzos de los setenta, cuando se había orientado el esfuerzo más hacia los grandes peces y la curva de “no protección” corresponde más a fines de los años setenta y comienzo de los ochenta, cuando se aplicó más esfuerzo a los peces más pequeños.



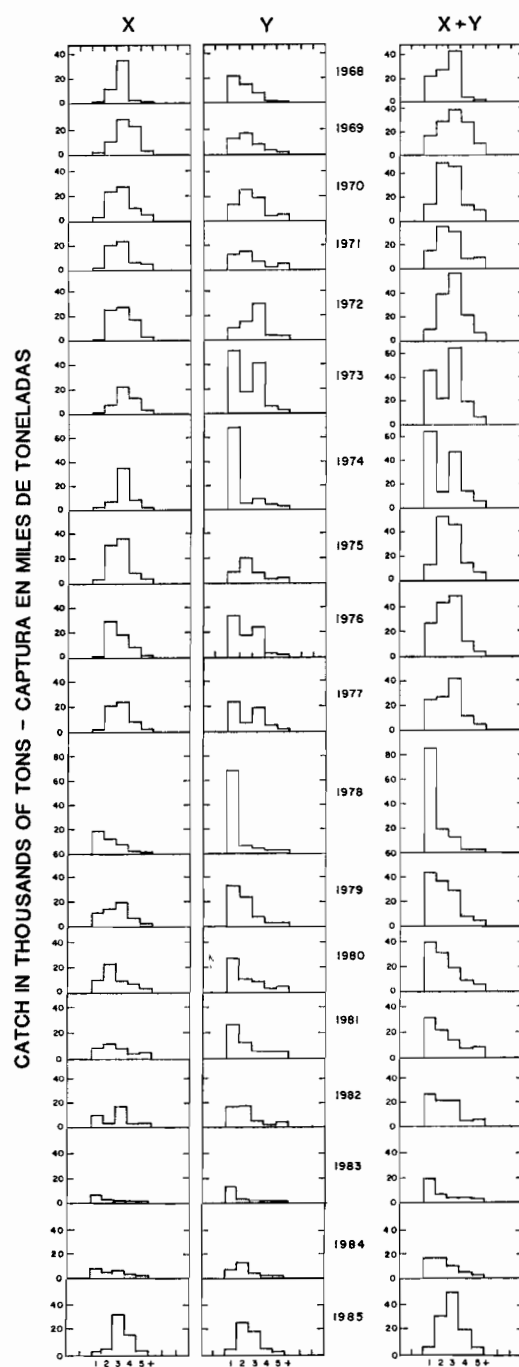
**FIGURE 39.** Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1985, by age groups.

**FIGURA 39.** Estimaciones del promedio de la biomasa en el año, del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad, 1965-1985.



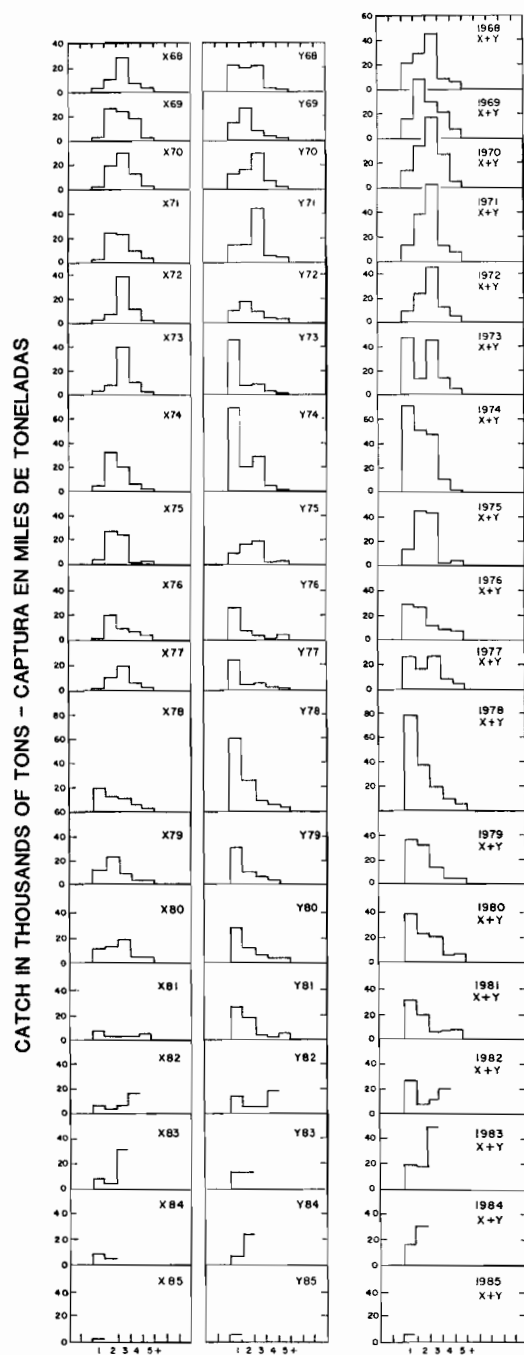
**FIGURE 40.** Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1985, for all fish and for larger fish only.

**FIGURA 40.** Estimaciones trimestrales y anuales de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, de todos los peces y solo de los peces más grandes, 1968-1985.



**FIGURE 41.** Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1985, by X and Y groups.

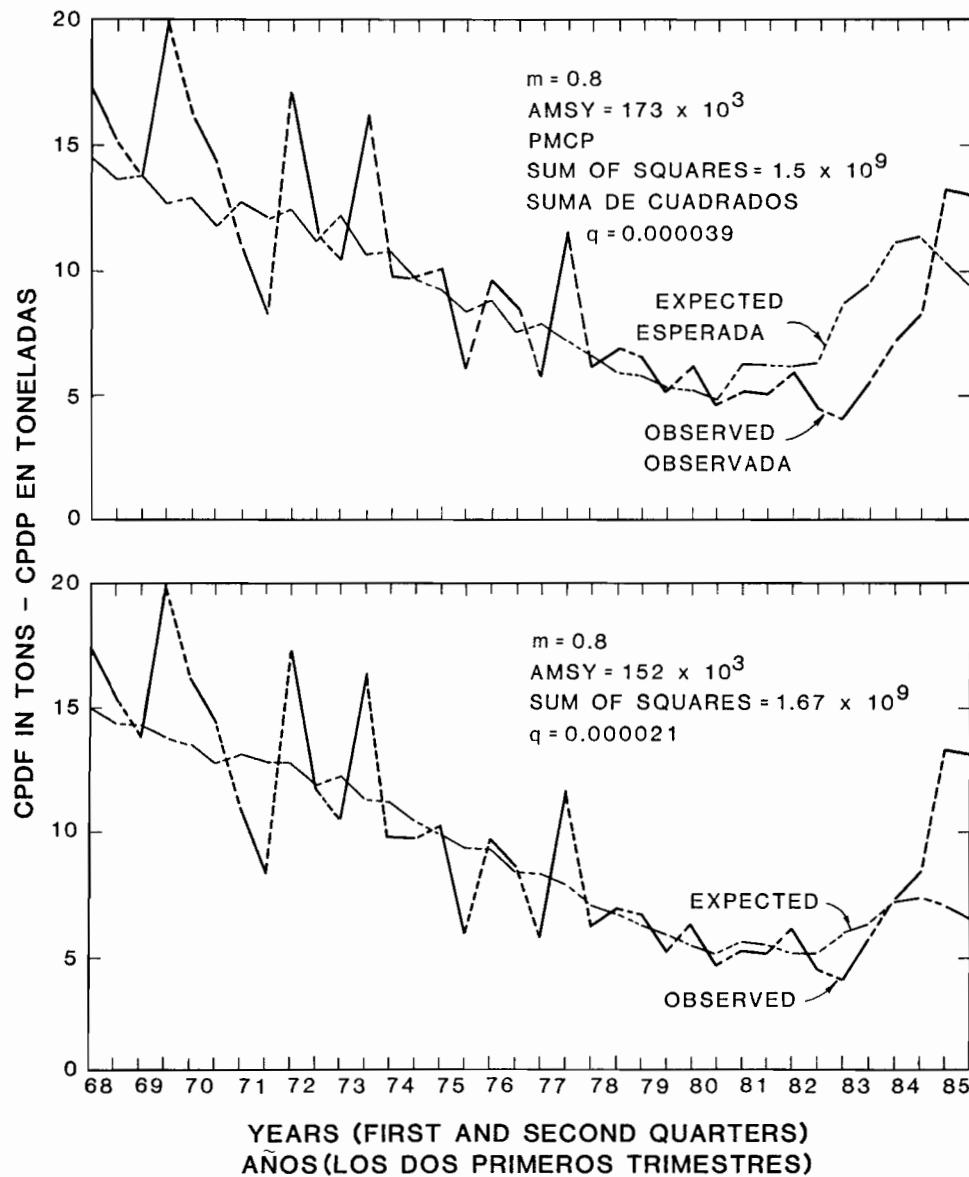
**FIGURA 41.** Capturas estimadas de los grupos X e Y del aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por embarcaciones cerqueras en los dos primeros trimestres de 1968 a 1985.



**FIGURE 42.** Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1985 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1985, by X and Y groups.

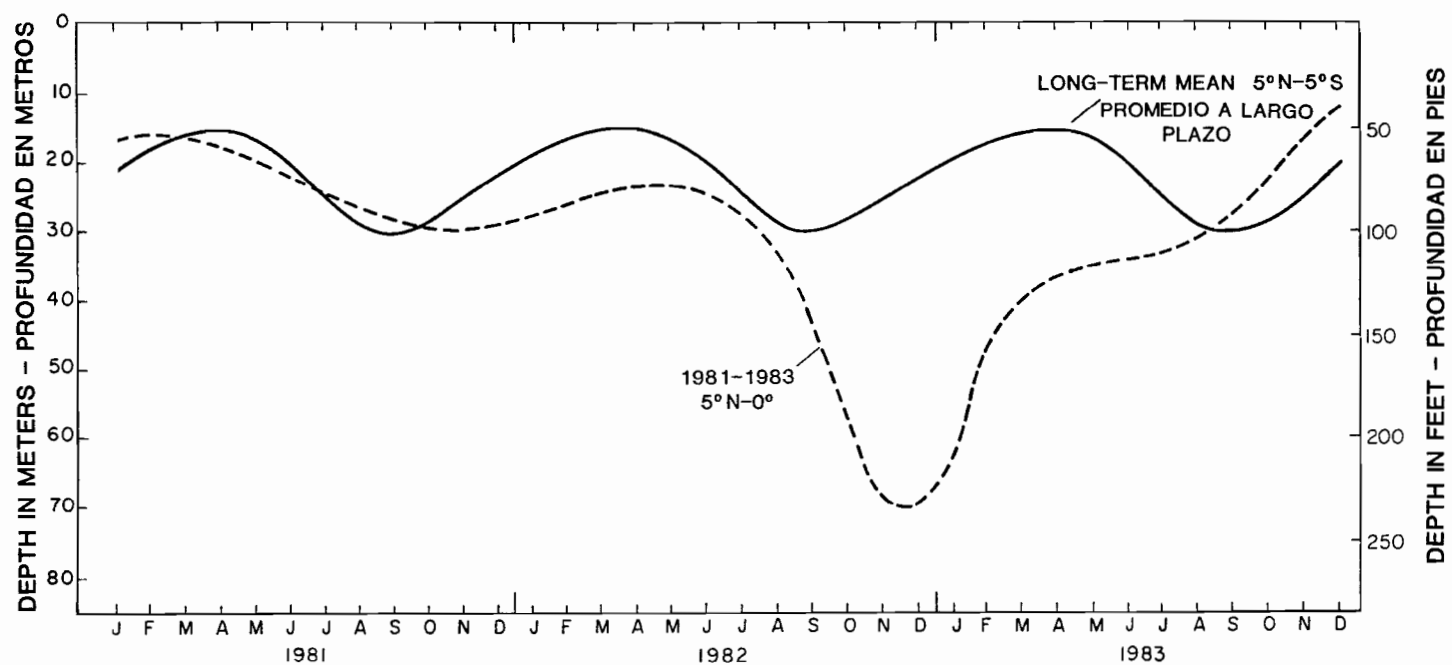
**FIGURA 42.** Capturas estimadas de los grupos X e Y del aleta amarilla de las cohortes de 1968 a 1985, de peces de 1 a 5+ años de edad obtenidas por cerqueros durante los dos primeros trimestres de esos años.





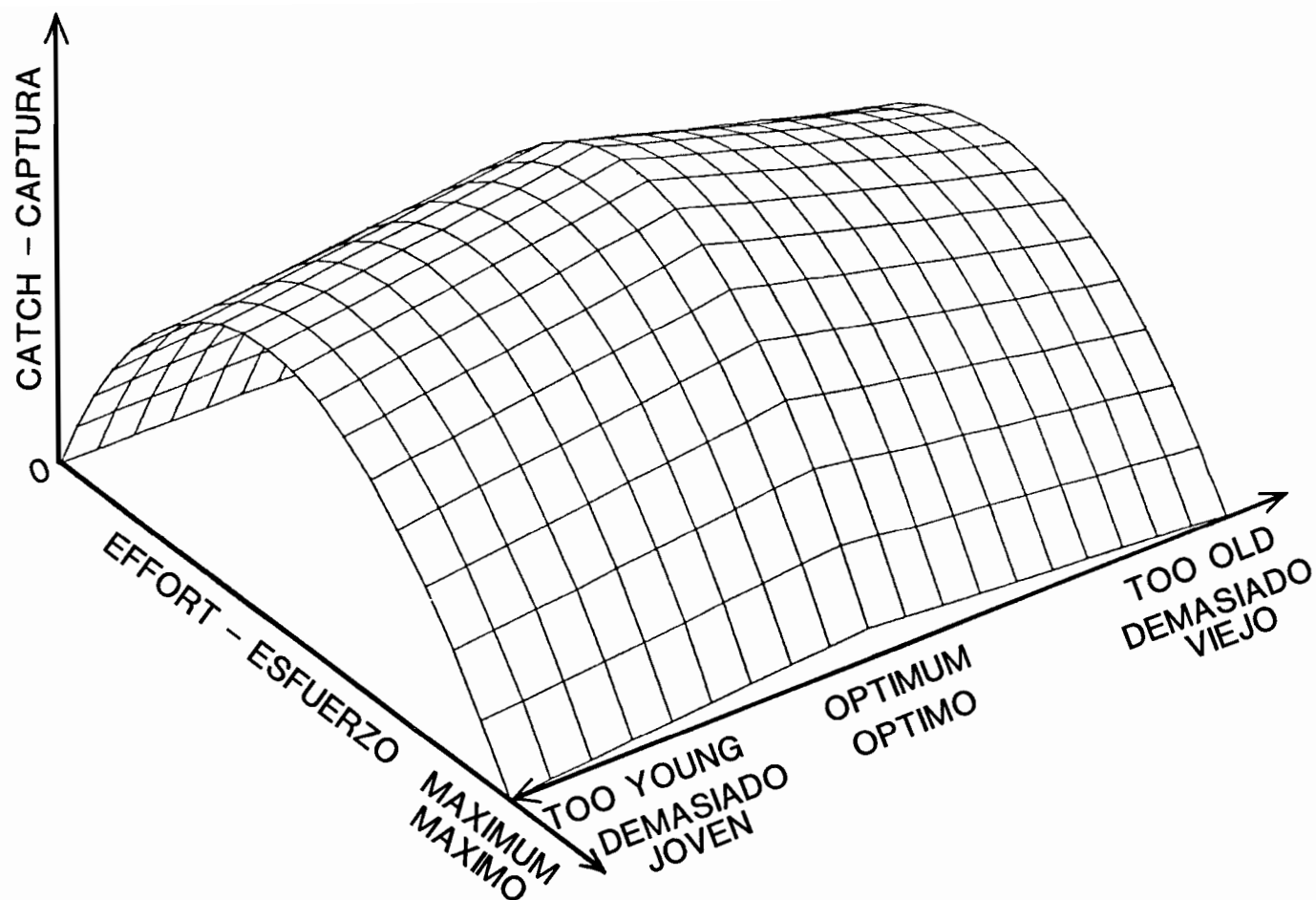
**FIGURE 43.** Observed and expected CPDFs of yellowfin inside the CYRA during the first and second quarters of 1968 through 1985. The upper and lower panels are equivalent to panels 2 and 4, respectively, of Figure 35.

**FIGURA 43.** CPDP observada y esperada de atún aleta amarilla en el ARCAA durante los dos primeros trimestres de 1968 a 1985. El recuadro superior y el inferior equivalen respectivamente a los recuadros 2 y 4 de la Figura 35.

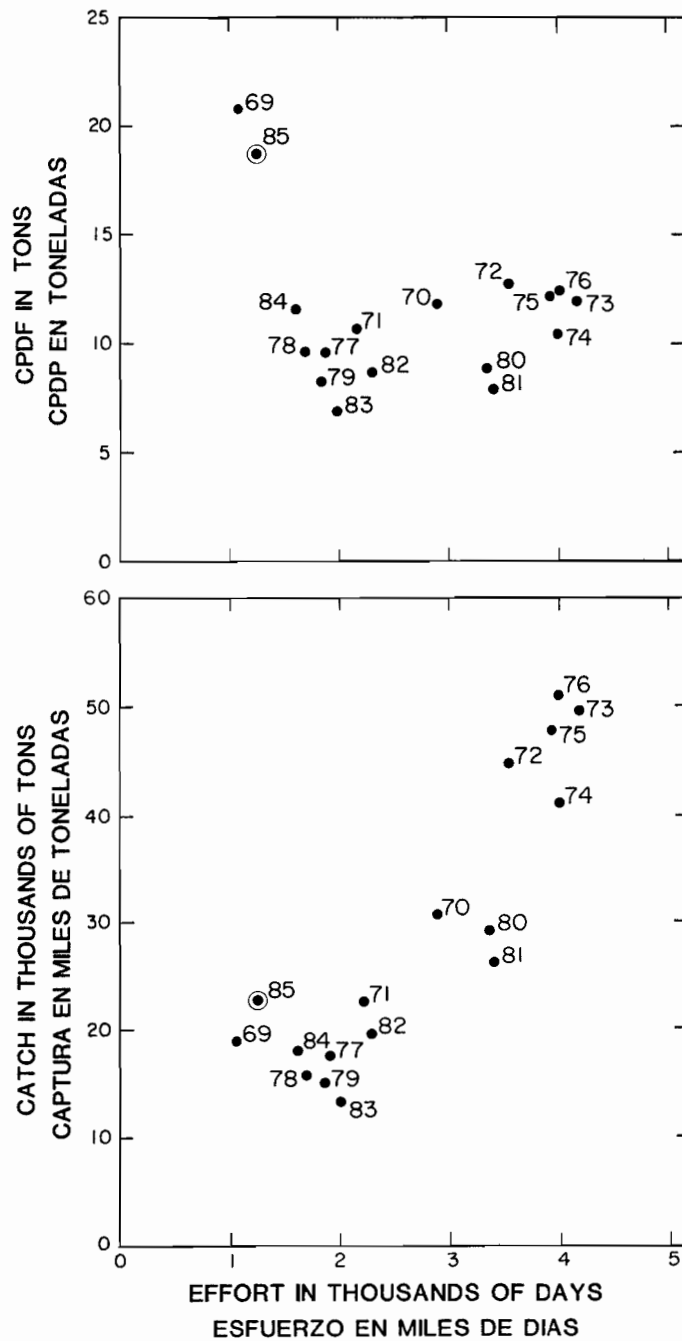


**FIGURE 44.** Depth to the top of the thermocline along the equator between 100°W and 105°W during 1981-1983, compared with the long-term mean.

**FIGURA 44.** Profundidad hasta la parte superior de la termoclina a lo largo de la línea ecuatorial entre los 100°W y los 105°W durante 1981-1983, comparada con la media a largo plazo.



**FIGURE 45.** Three-dimensional representation of the relationships between productivity and fishing effort.  
**FIGURA 45.** Representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca.



**FIGURE 46.** Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969-1985.

**FIGURA 46.** Relación entre la CPDP y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1969-1985.

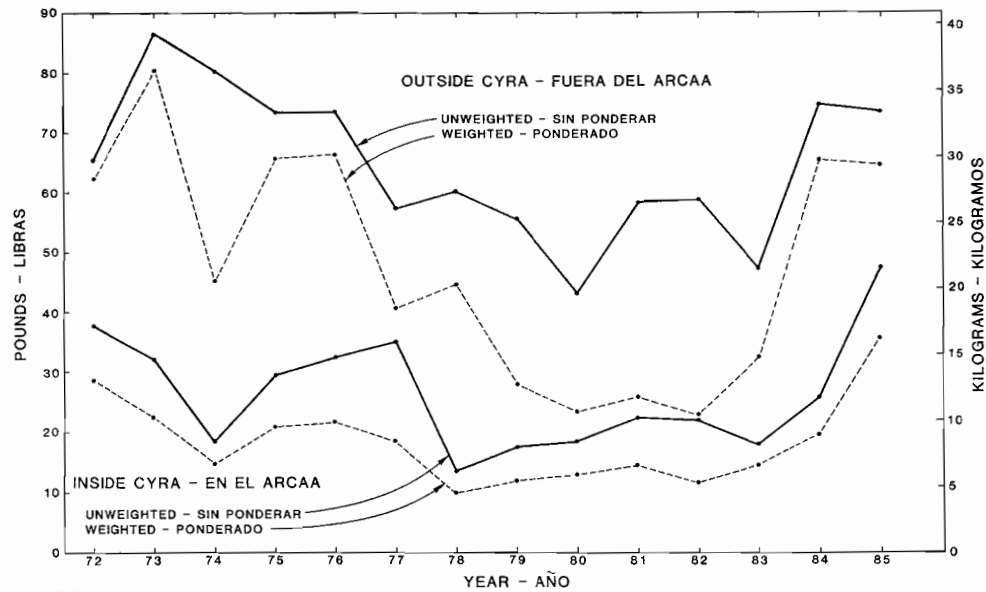


FIGURE 47. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1972-1985.

FIGURA 47. Promedio del peso del aleta amarilla capturado dentro y fuera del ARCAA, 1972-1985.

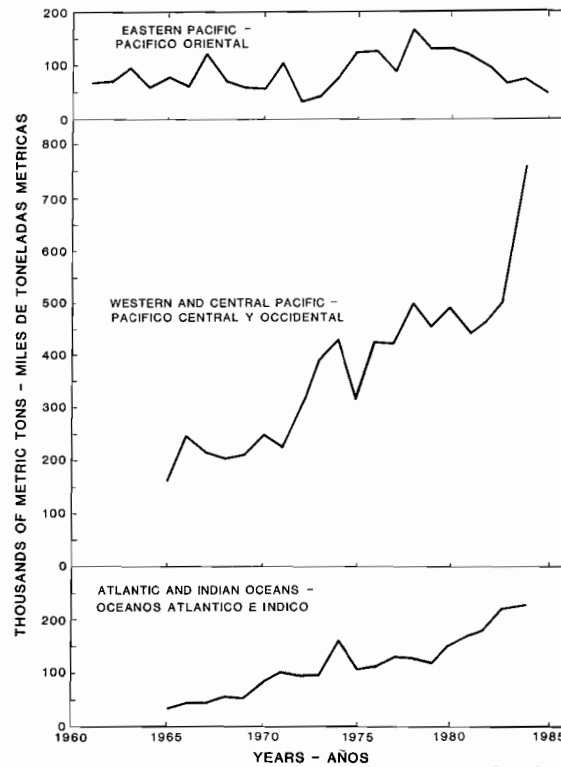
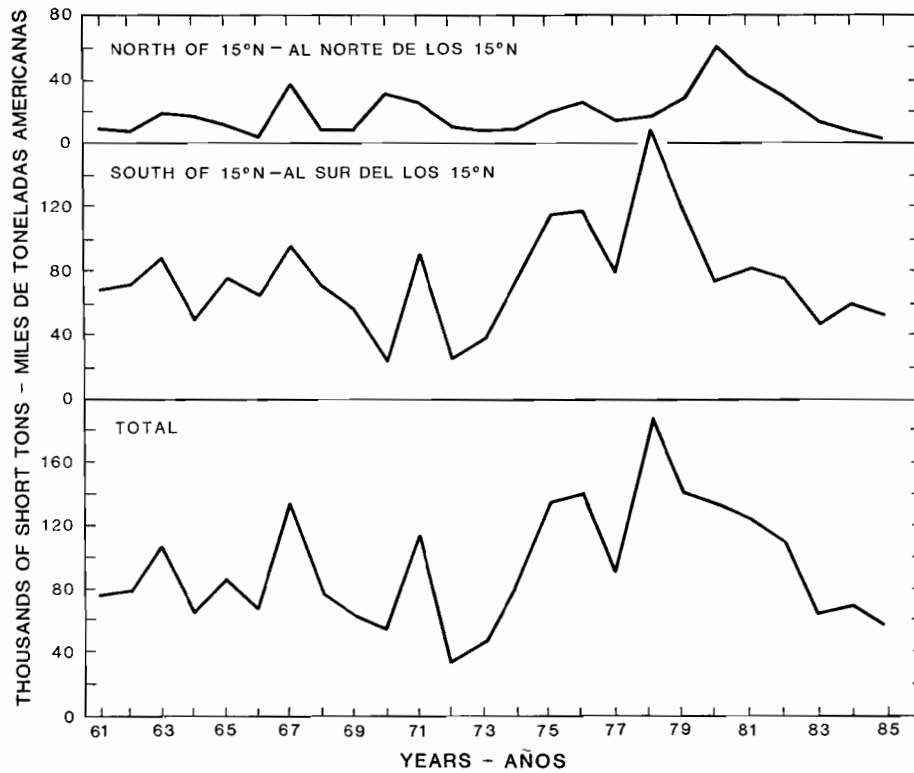


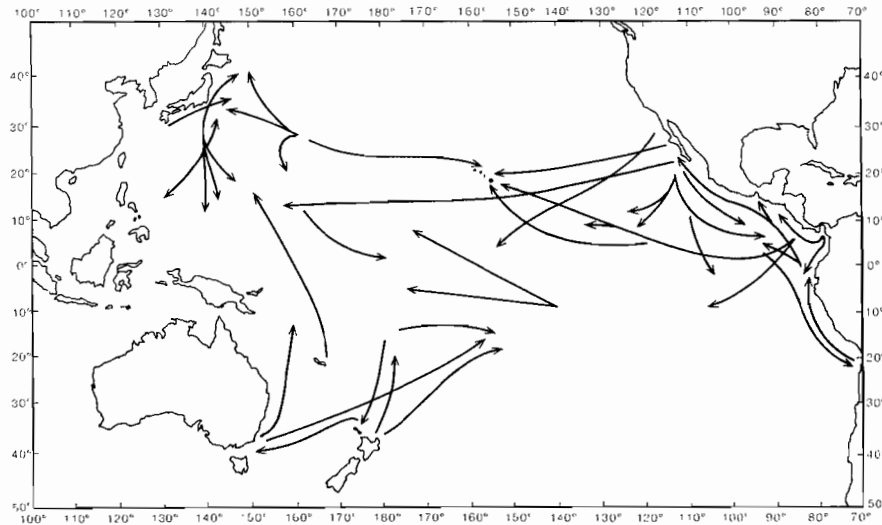
FIGURE 48. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

FIGURA 48. Capturas de barrilete (1) en el Océano Pacífico oriental, (2) en el Océano Pacífico central y occidental y (3) en el Océano Atlántico y en el Océano Índico.



**FIGURE 49.** Estimated catches of skipjack north and south of 15°N, 1961-1985.

**FIGURA 49.** Capturas estimadas de barrilete al norte y sur de los 15°N, 1961-1985.



**FIGURE 50.** Some long-distance migrations which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

**FIGURA 50.** Anotaciones sobre algunos desplazamientos a grandes distancias de barriletes marcados en el Océano Pacífico.

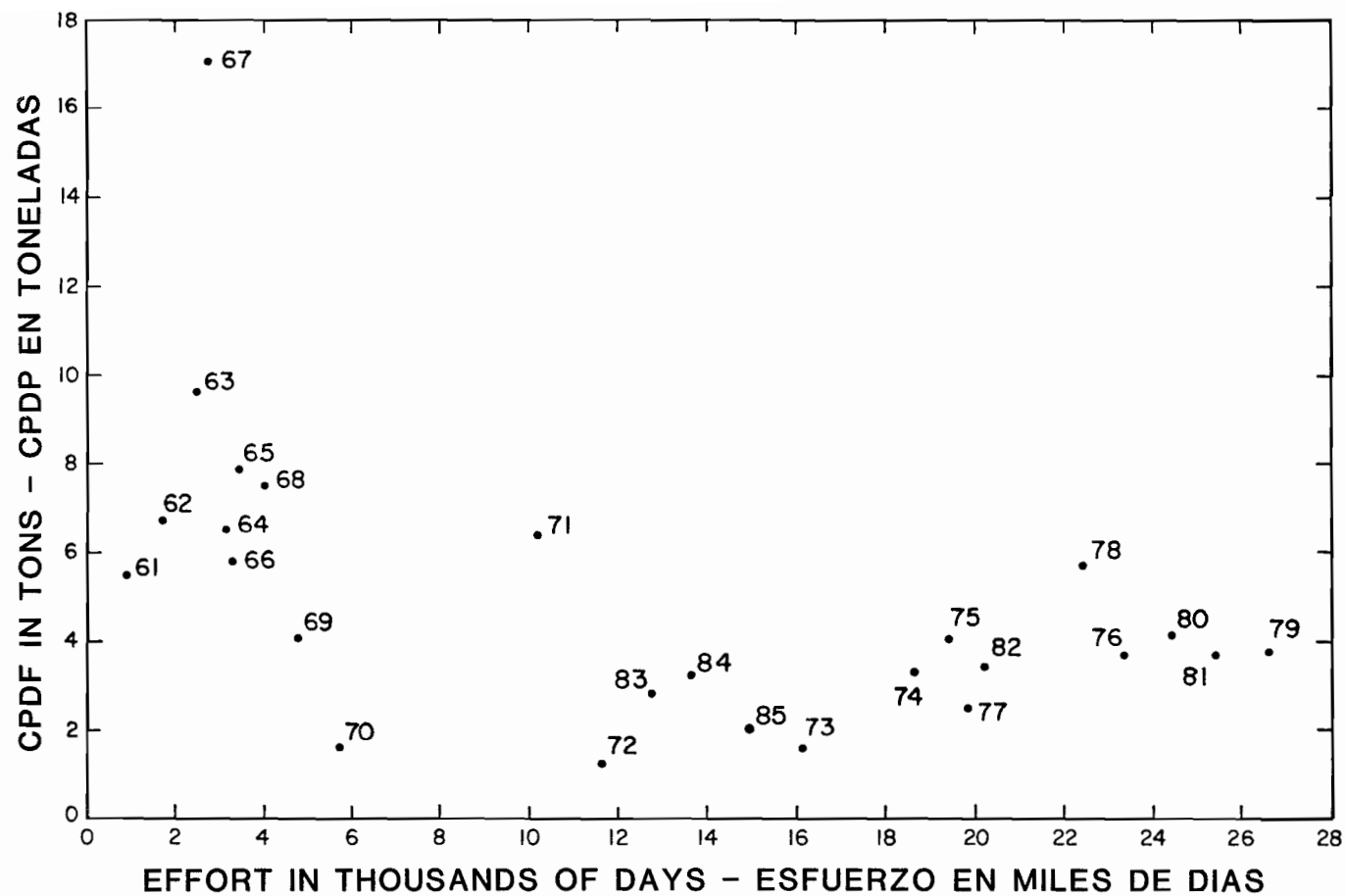
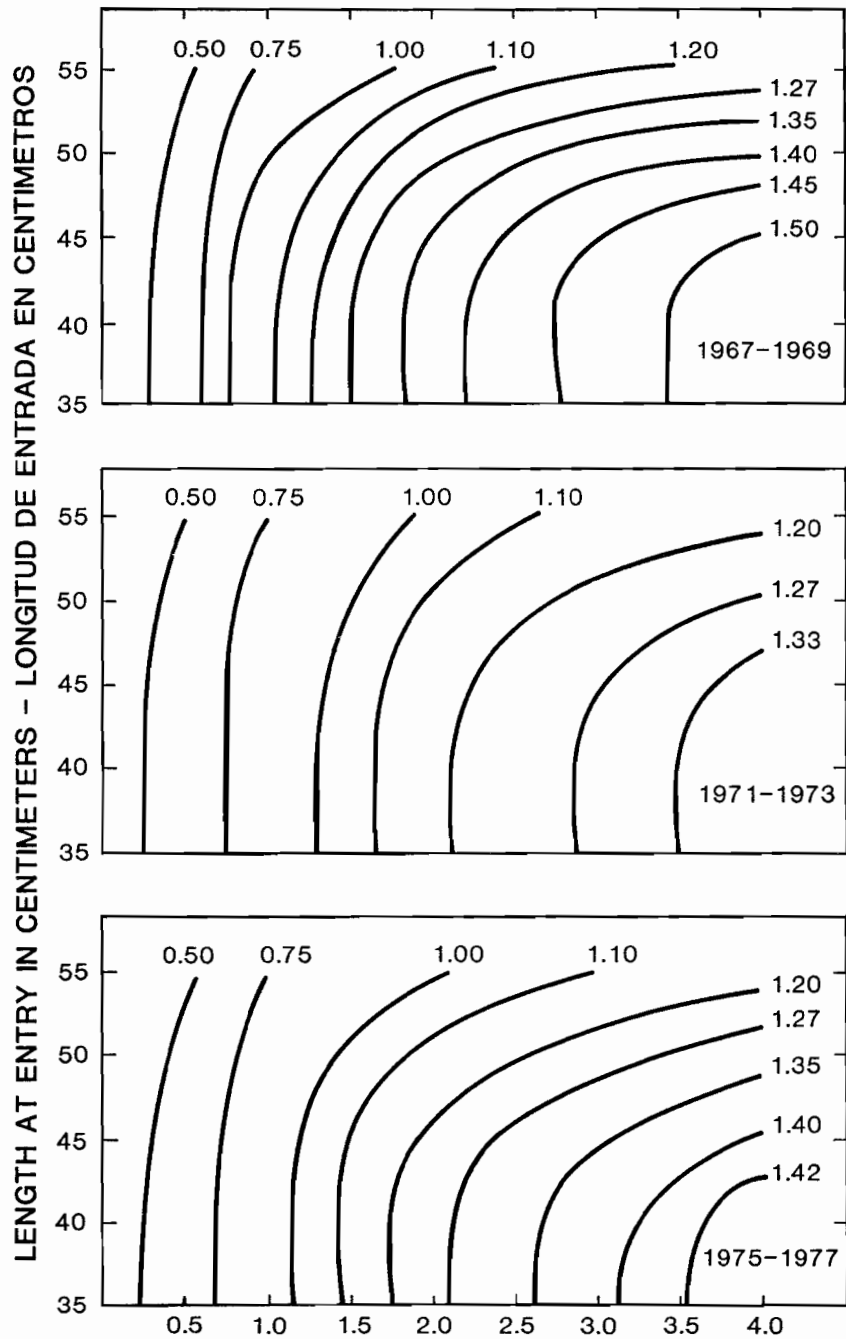


FIGURE 51. Plots of CPDF and effort for skipjack in the eastern Pacific Ocean, using data for all 5-degree areas.

FIGURA 51. Gráficos de la CPDP y del esfuerzo del barrilete en el Océano Pacífico oriental, empleando los datos de todas las zonas de 5 grados.

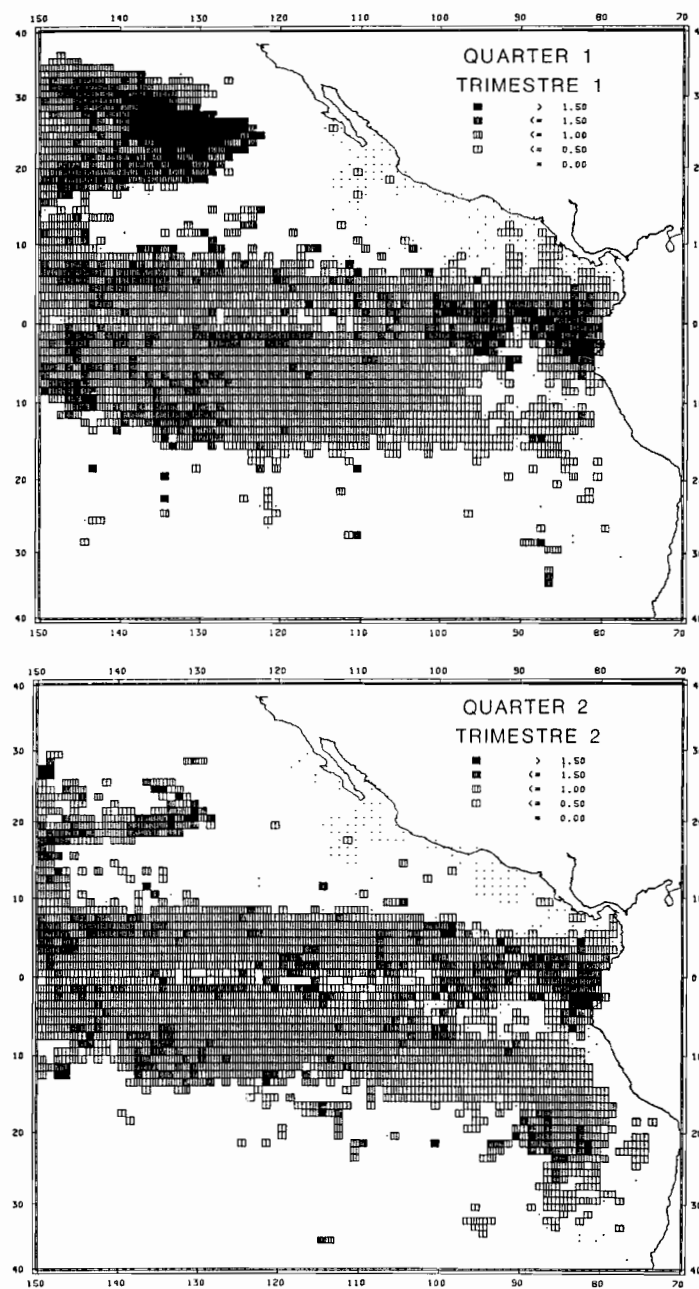


### MULTIPLIER OF EFFORT - MULTIPLICADOR DEL ESFUERZO

**FIGURE 52.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.

**FIGURA 52.** Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta.





**FIGURE 53.** Average quarterly distributions of hook rates (numbers of fish per 100 hooks) of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971-1980 period.

**FIGURA 53.** Promedio de la distribución trimestral de la proporción de anzuelos (cantidad de peces por 100 anzuelos) para el patudo, de barcos palangreros en el Pacífico oriental correspondiente al período de 1971-1980.

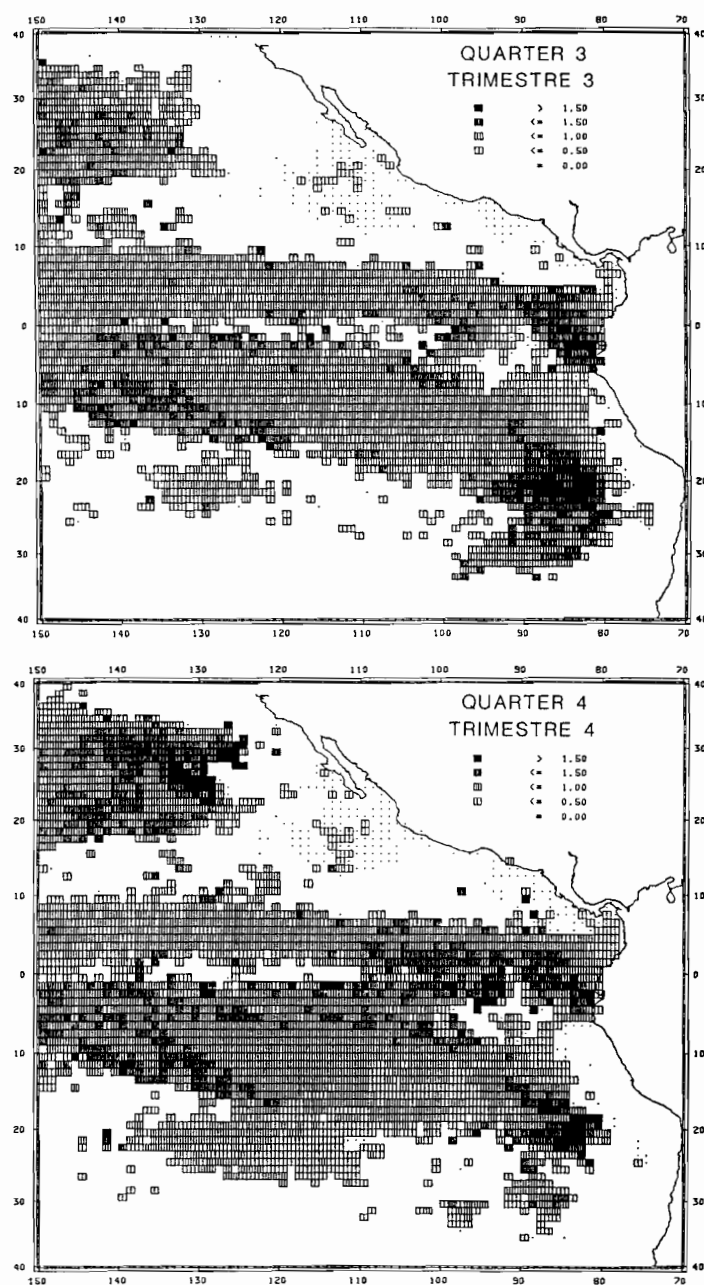
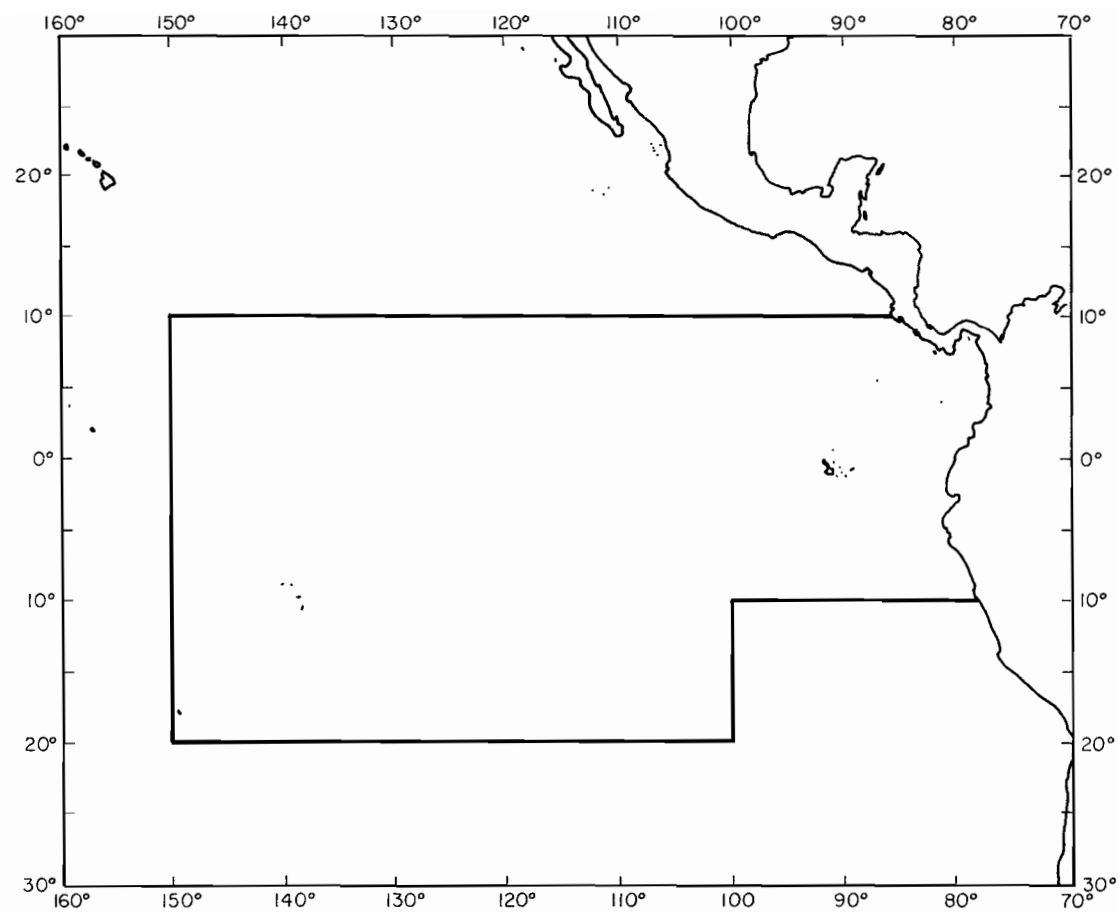


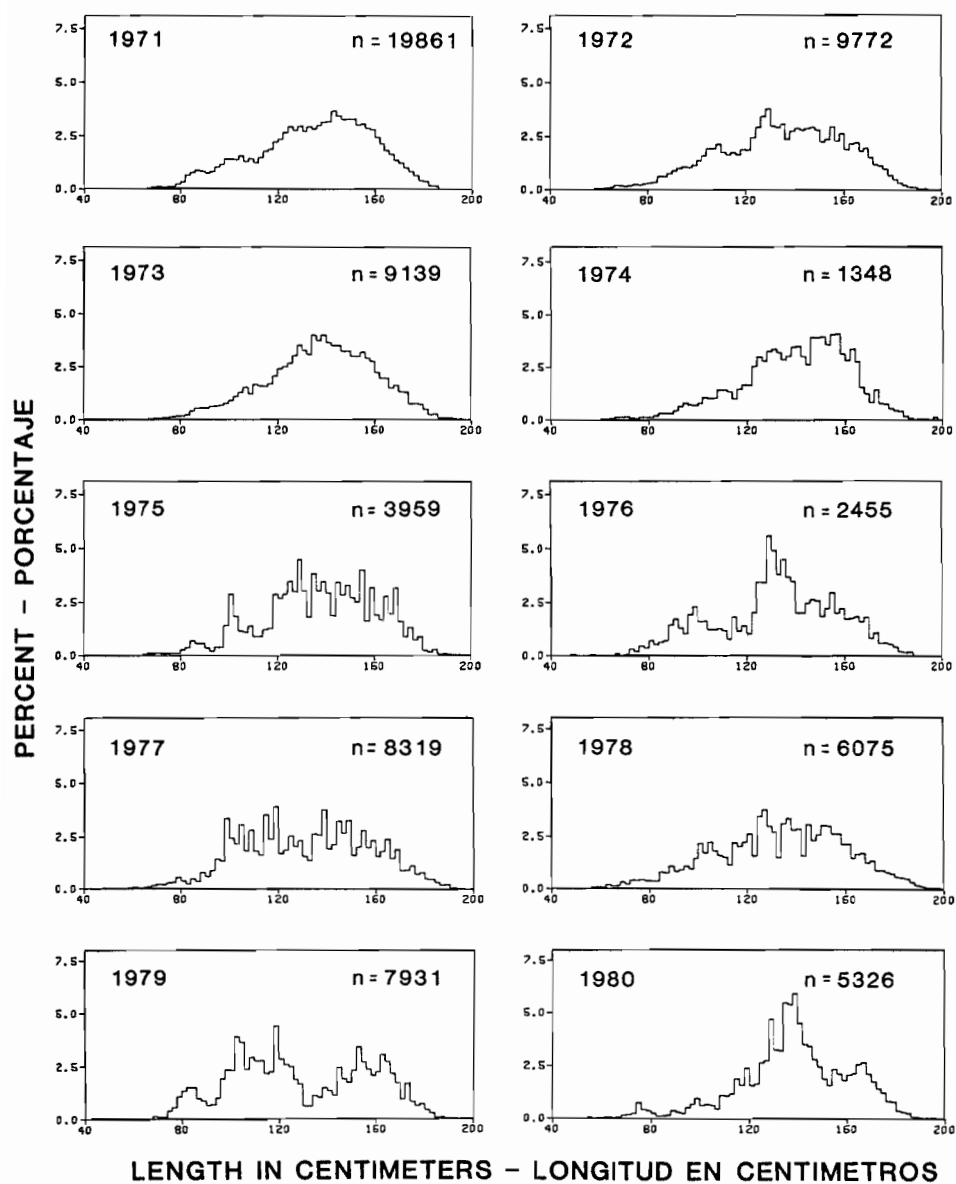
FIGURE 53. Continued.

FIGURA 53. Continuación.



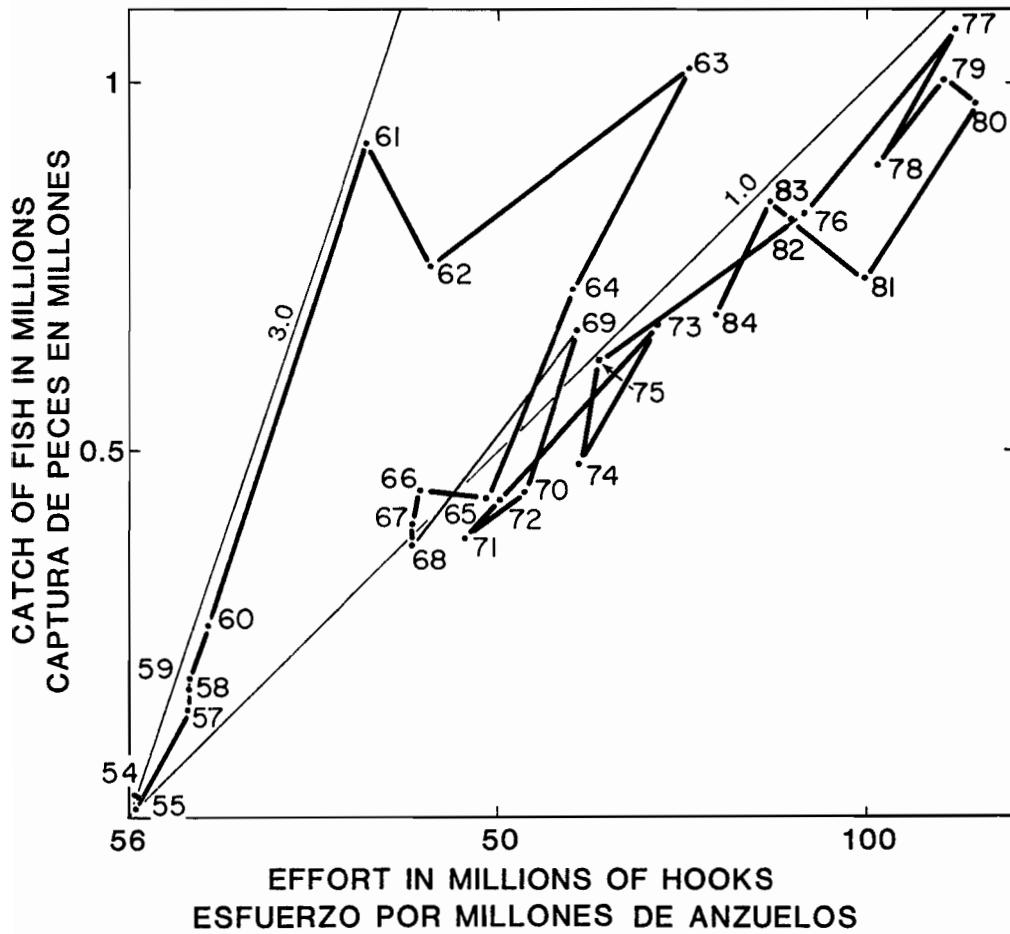
**FIGURE 54.** Area from which the data used for Figures 55 and 56 were collected.

**FIGURA 54.** Zona en la que se recolectaron los datos usados en las Figuras 55 y 56.



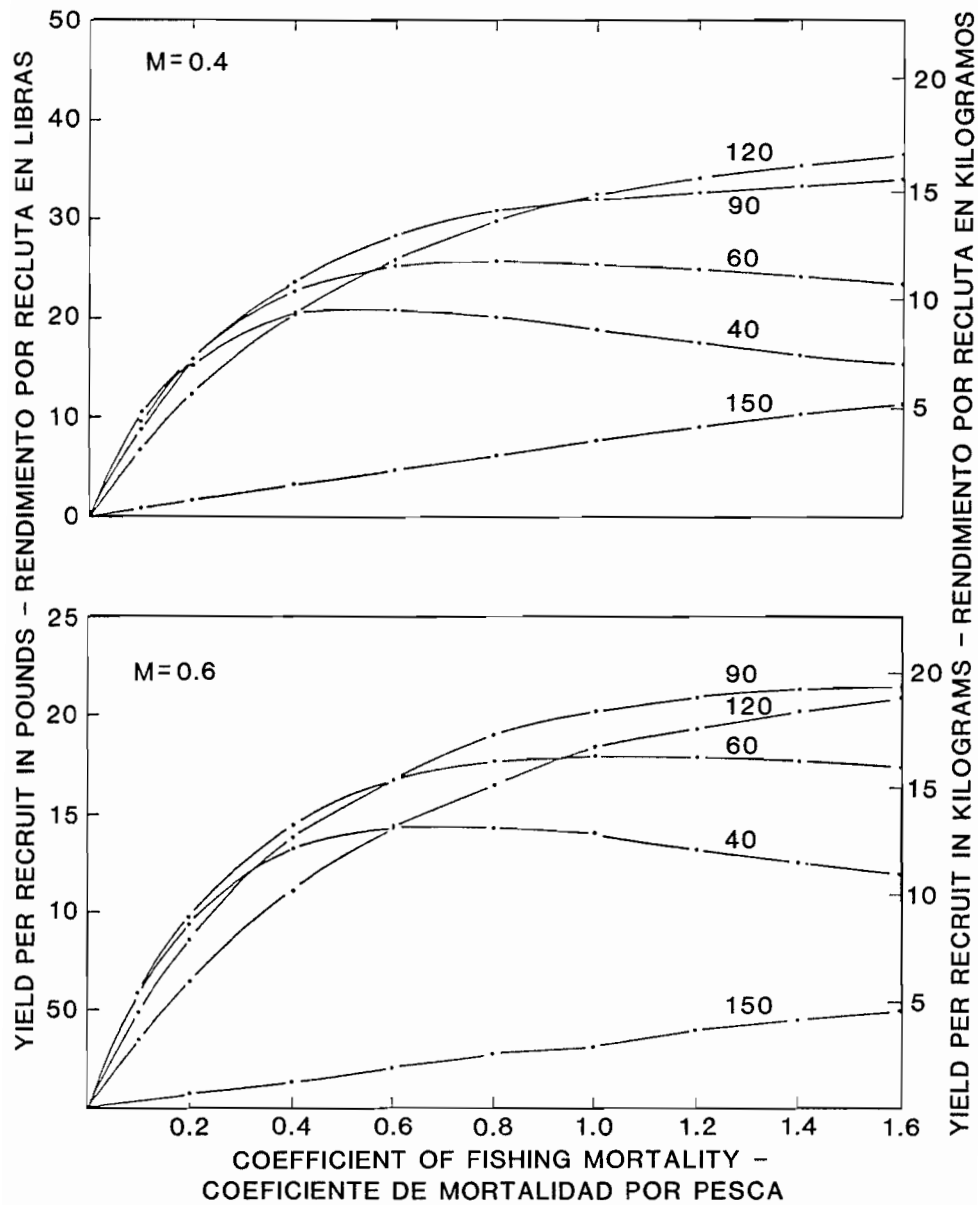
**FIGURE 55.** Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 54 during 1971-1980.

**FIGURA 55.** Distribución anual frecuencia-talla del patudo capturado por palangreros en la zona descrita en la Figura 54, en 1971-1980.



**FIGURE 56.** Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the area delineated in Figure 54 for the 1957-1980 period. The fine lines denote hook rates in numbers of fish per 100 hooks.

**FIGURA 56.** Relación entre el esfuerzo y la captura de patudo estimados de barcos palangreros en la zona descrita en la Figura 54, durante el período de 1957-1980. Las líneas finas indican la proporción de anzuelos en cantidades de peces por 100 anzuelos.



**FIGURE 57.** Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing effort and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0.

**FIGURA 57.** Rendimiento de patudo estimado por recluta con varias combinaciones del esfuerzo de pesca y tallas de entrada de los índices de la mortalidad natural de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0.

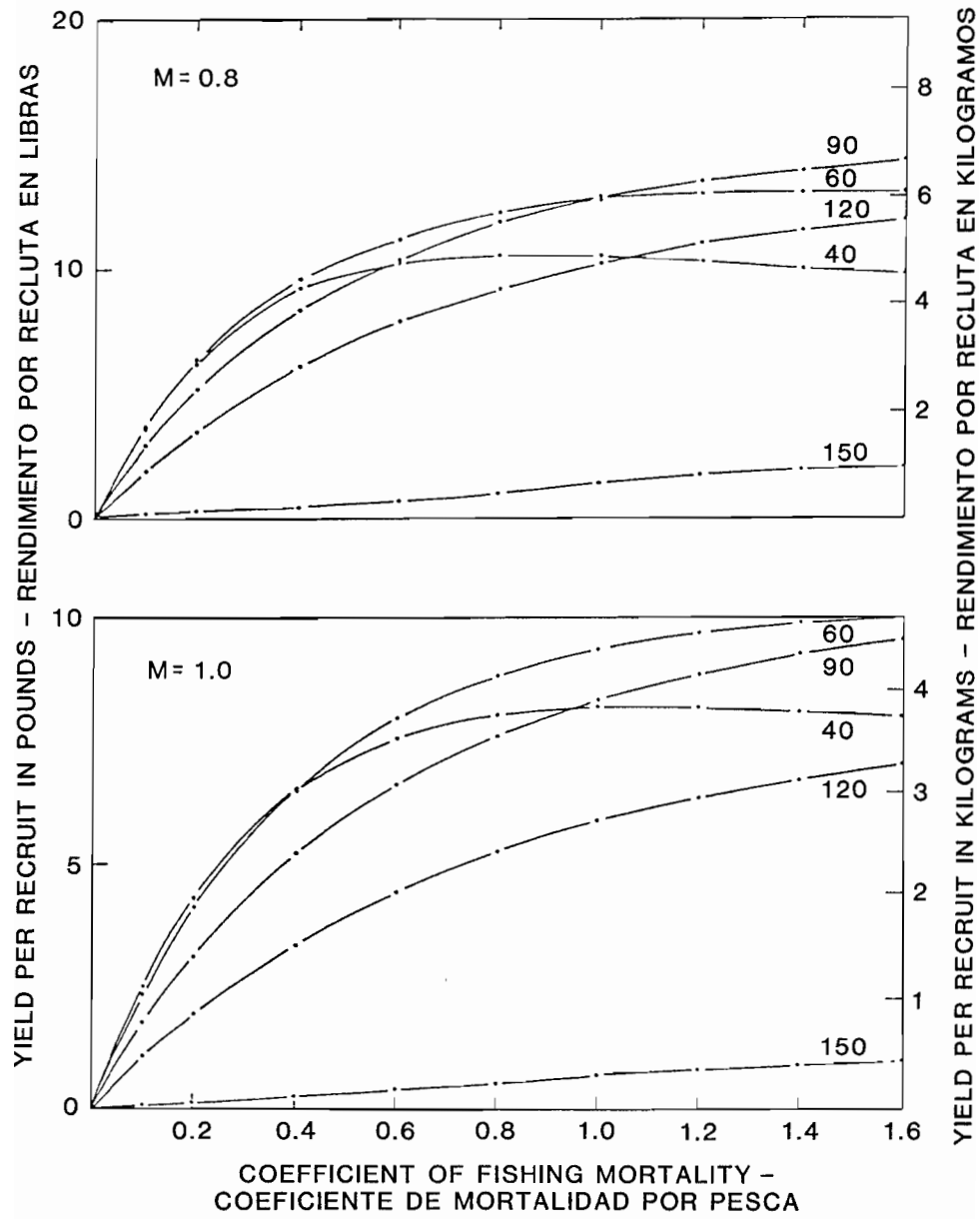


FIGURE 57. Continued.

FIGURA 57. Continuación.

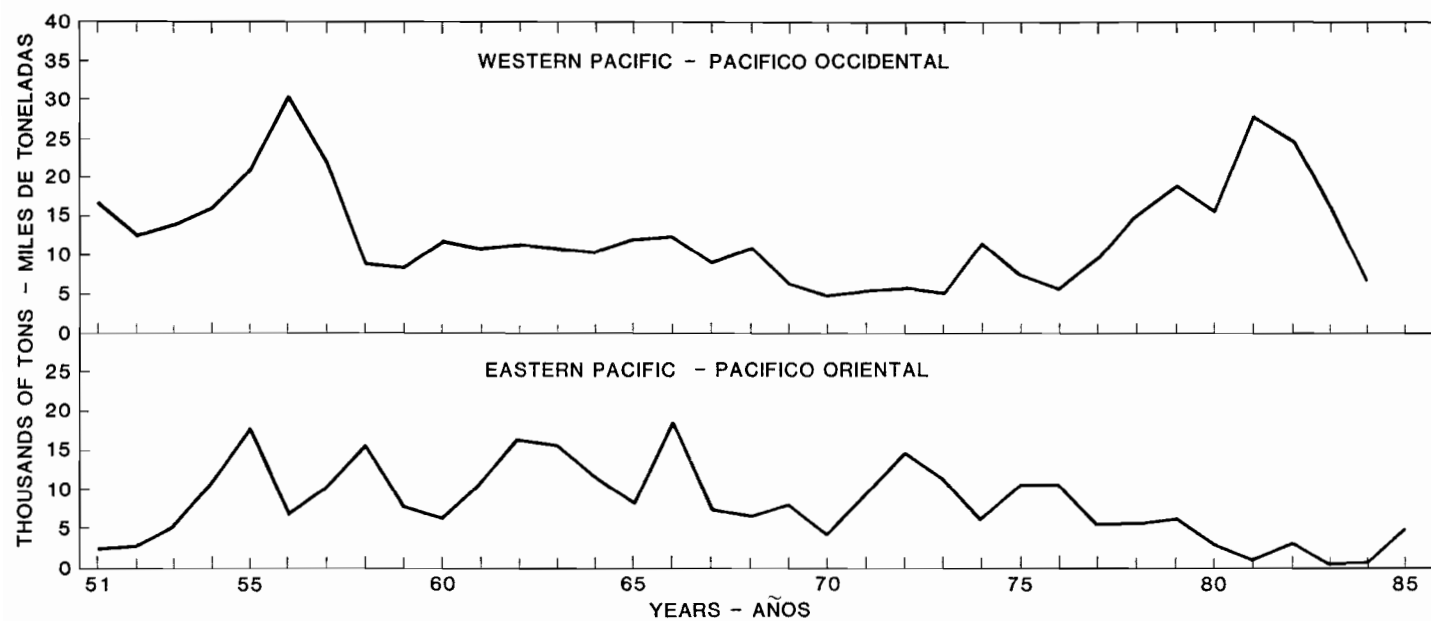
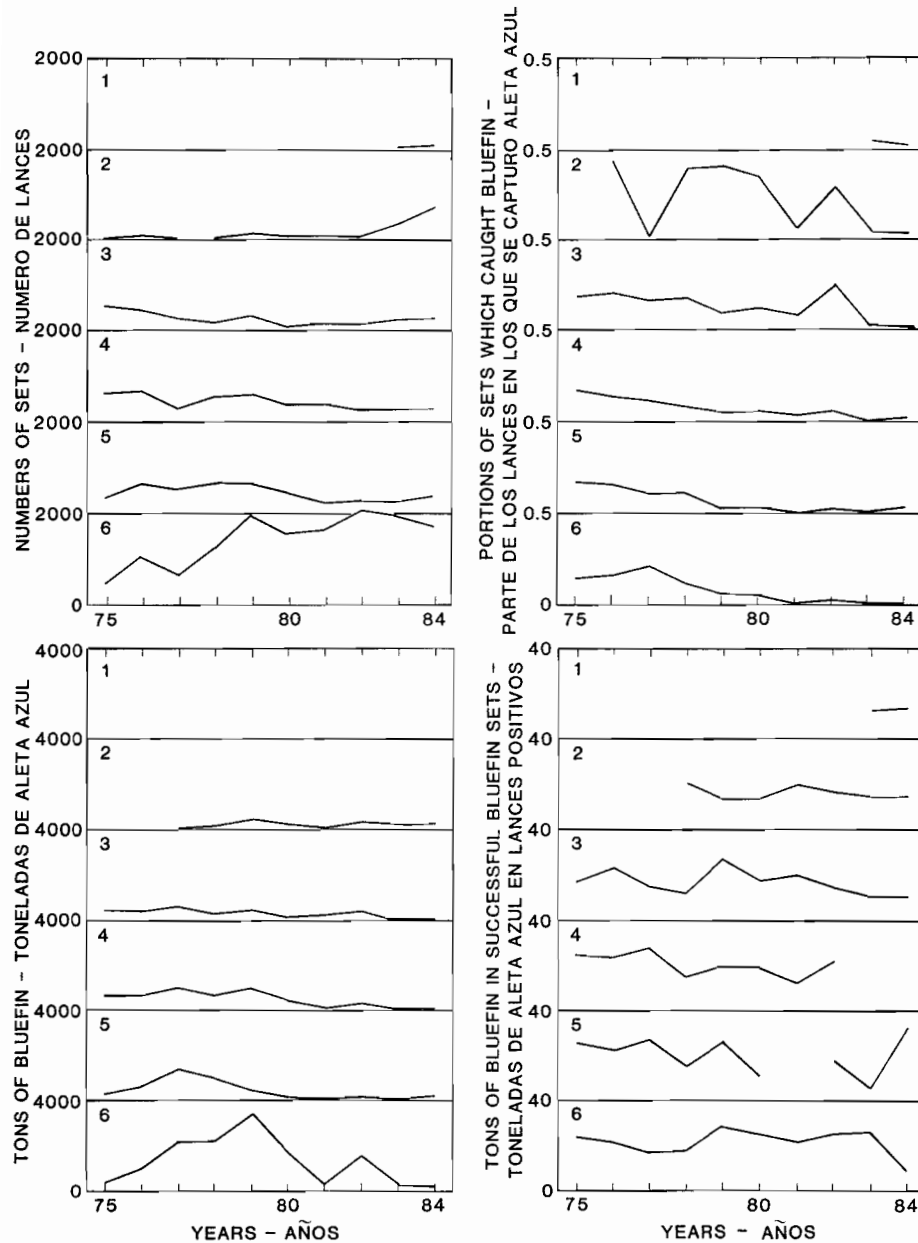


FIGURE 58. Annual catches of bluefin, in short tons, in the Pacific Ocean during 1951-1985.

FIGURA 58. Capturas anuales de aleta azul, en toneladas americanas, en el Océano Pacífico durante 1951-1985.





**FIGURE 59.** Trends in numbers of purse-seine sets in bluefin area-time strata in the eastern Pacific Ocean, portions of those sets which caught bluefin, tons of bluefin caught in those sets, and tons of bluefin caught per successful set during 1975-1984.

**FIGURA 59.** Orientación del número de lances cerqueros sobre atunes aleta azul en estratos de zona-tiempo en el Océano Pacífico oriental, porción de estos lances en que se capturó esta especie, toneladas de aleta azul capturado en esos lances y toneladas de esta especie capturadas durante lances positivos durante 1975-1984.

**TABLE 1.** Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1985 (see text on page 17 for details).**TABLA 1.** Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacífico oriental, de 1961-1985 (para detalles vea página 95 del texto).**A.** Catches of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and other species taken by this fleet in the eastern Pacific.**A.** Capturas de atún aleta amarilla, barrilete, patudo, atún de aleta azul, bonito, albacora, barrilete negro y otras especies obtenidas por esta flota en el Océano Pacífico oriental.

Year	CYRA			West of CYRA and east of 150°W			Entire eastern Pacific Ocean								
Año	ARCAA			Al oeste del ARCAA y al este de los 150°W			Todo el Océano Pacifico oriental								
	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	BET <sup>1</sup>	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	BET <sup>1</sup>	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	BET <sup>1</sup>	BFT <sup>1</sup>	BEP <sup>1</sup>	ALB <sup>1</sup>	BKJ <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup>	Total
1961	115,682	75,468	235	0	0	0	115,682	75,468	235	8,968	3,205	2,670	0	236	206,464
1962	87,158	78,256	362	0	0	0	87,158	78,256	362	12,421	3,576	1,292	0	193	183,258
1963	72,136	105,333	83	0	0	0	72,136	105,333	83	13,527	3,442	3,773	0	265	198,559
1964	101,390	65,322	75	0	0	0	101,390	65,322	75	10,161	7,387	3,672	5	248	188,260
1965	90,161	86,185	130	0	0	0	90,161	86,185	130	7,592	4,464	710	18	171	189,431
1966	91513	66,669	294	0	0	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525
1967	90,116	132,999	1,834	0	0	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772
1968	114,500	78,331	2,821	1,207	3	0	115,707	78,334	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,314
1969	126,898	64,129	607	19,217	980	28	146,115	65,109	635	7,635	3,252	3,246	0	1	225,993
1970	142,425	55,294	1,460	30,680	6,458	9	173,105	61,752	1,469	4,372	5,223	4,935	0	29	250,885
1971	113,886	114,429	2,830	22,758	1,005	0	136,644	115,434	2,830	9,020	10,580	2,761	6	70	277,345
1972	152,535	35,536	2,467	44,768	1,248	0	197,303	36,784	2,467	13,892	9,781	5,327	660	407	266,621
1973	177,828	46,966	2,160	49,506	1,444	21	227,334	48,410	2,181	11,085	8,670	2,553	1,845	391	302,469
1974	191,597	84,072	960	40,988	2,776	20	232,585	86,848	980	5,270	4,889	5,232	4,125	1,086	341,015
1975	175,778	134,543	3,996	47,729	2,175	108	223,507	136,718	4,104	8,097	18,561	3,642	564	305	395,498
1976	210,697	139,045	11,632	50,743	1,076	0	261,440	140,121	11,632	11,643	4,815	4,071	1,673	1,228	436,623
1977	202,959	92,687	8,350	17,866	2,932	46	220,825	95,619	8,396	5,768	12,377	1,648	1,522	2,145	348,300
1978	183,395	183,688	12,396	16,004	3,037	241	199,399	186,725	12,637	5,902	5,332	1,355	2,382	888	414,620
1979	194,957	142,512	8,159	15,150	3,053	133	210,107	145,565	8,292	6,635	1,989	327	1,502	1,375	375,792
1980	147,438	124,691	16,591	29,399	19,375	409	176,837	144,066	17,000	3,154	6,740	417	4,229	1,050	353,493
1981	175,421	122,936	10,490	26,302	8,050	247	201,723	130,986	10,737	1,165	6,535	690	2,052	1,248	355,136
1982	119,099	105,750	4,345	19,757	3,100	206	138,856	108,850	4,551	3,365	2,339	544	1,471	850	260,826
1983	90,751	55,293	3,395	13,479	8,623	181	104,230	63,916	3,576	809	3,821	249	1,364	1,883	179,848
1984	142,700	64,568	6,507	18,199	2,144	29	160,899	66,712	6,536	908	2,515	5,755	724	1,087	245,136
1985*	217,411	54,604	5,082	23,245	411	29	240,656	55,015	5,111	4,392	3,249	873	325	590	310,211

\*Preliminary - Preliminar

<sup>1</sup> YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye), BFT (bluefin), BEP (bonito), ALB (albacore), BKJ (black skipjack)<sup>1</sup> YFT (aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo), BFT (atún de aleta azul), BEP (bonito), ALB (albacora), BKJ (barrilete negro)<sup>2</sup>OS - other species including, *inter alia*, Atlantic little tuna, Atlantic blackfin, and bullet or frigate tuna (*Auxis*)<sup>2</sup>OS - otras especies que incluyen, entre otras, bacoreta del Atlántico, atún aleta negra del Atlántico y melvas (*Auxis*)

TABLE 1. Continued

TABLA 1. Continuación

B. Catches of tunas and miscellaneous species taken by this fleet in the western Pacific Ocean and in the Atlantic Ocean.

B. Capturas de atunes y especies misceláneas obtenidas por la flota en el Océano Pacífico occidental y en el Océano Atlántico.

Year Año	Western Pacific Pacífico Occidental			Atlantic Ocean Océano Atlántico				All areas, all species Todas las zonas y especies
	YFT	SKJ	OS	YFT	SKJ	BET	OS	Grand total Total global
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,044
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,915
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	4	0	4,595	20,156	649	1,820	304,569
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	296,904
1973	0	0	0	4,247	25,494	125	746	333,081
1974	35	0	0	6,326	21,308	957	178	369,819
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	421,038
1976	247	5,455	2	2,509	2,842	43	469	448,190
1977	865	9,707	4	8,546	7,196	365	130	375,113
1978	24	8,050	46	11,474	9,381	274	369	444,238
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,099
1980	298	5,950	0	5,579	4,211	222	32	369,785
1981	5,365	6,603	0	4,412	5,092	141	185	376,934
1982	5,104	12,360	63	5,876	3,277	380	243	288,129
1983	28,158	55,761	390	10,271	7,026	0	271	281,725
1984	5,877	17,971	537	7,696	5,934	3	193	283,347
1985*	991	5,368	6	8,218	4,000	0	41	328,835

\*Preliminary

\*Preliminar

**TABLE 2.** Catches of tunas in the eastern Pacific Ocean in 1985, by flags of vessels, and landings during 1985 of tunas caught in the eastern Pacific Ocean, by countries of landing.

**TABLA 2.** Capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental en 1985, por abanderamiento de barco, y descargas durante 1985 de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental, por país de descargue.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percentage of total Porcentaje del total
CATCH-CAPTURA										
<b>CYRA-ARCAA</b>										
Cayman Islands									*	*
Colombia									*	*
Costa Rica	4,012	493	12	0	0	0	162	0	4,679	1.6
Ecuador	10,448	25,287	2,567	0	0	0	161	203	38,666	13.5
Japan	3,100	0	0	0	0	0	0	0	3,100	1.1
Mexico	81,114	6,055	263	745	152	54	2	48	88,433	30.9
Panama									*	*
Peru	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0
Spain									*	*
USA	79,173	9,649	1,017	3,647	3,097	819	0	333	97,735	34.1
USSR									*	*
Vanuatu									*	*
Venezuela	23,163	7,769	872	0	0	0	0	0	31,804	11.1
Total of *	16,400	5,351	351	0	0	0	0	6	22,108	7.7
Total CYRA	217,411	54,604	5,082	4,392	3,249	873	325	590	286,526	
<b>West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (afuera)</b>										
Cayman Islands									*	*
Costa Rica									*	*
Mexico	6,920	366	0	0	0	0	0	0	7,286	30.8
Panama									*	*
USA	15,130	43	0	0	0	0	0	0	15,173	64.0
Venezuela	701	0	29	0	0	0	0	0	730	3.1
Total of *	494	2	0	0	0	0	0	0	496	2.1
Total outside	23,245	411	29	0	0	0	0	0	23,685	
<b>Total eastern Pacific</b>	<b>240,656</b>	<b>55,015</b>	<b>5,111</b>	<b>4,392</b>	<b>3,249</b>	<b>873</b>	<b>325</b>	<b>590</b>	<b>310,211</b>	

\* Asterisks in the two right columns indicate data omitted to avoid revealing the operations of individual vessels or companies. The totals of these omitted data are shown immediately following the data for Venezuela.

\* Los asteriscos en las dos columnas a la derecha, indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de una compañía o de un barco particular. El total de los datos omitidos se presentan enseguida de los datos de Venezuela.

TABLE 2. Continued  
TABLA 2. Continuación

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other of total Otras del total	Total Total	Percentage Porcentaje
LANDINGS-DESCARGAS										
CYRA-ARCAA										
Australia									*	*
Canada									*	*
Colombia									*	*
Costa Rica									*	*
Cuba									*	*
Ecuador	12,226	31,821	2,886	0	0	0	146	213	47,292	16.7
France	1,221	0	0	0	0	9	0	0	1,230	0.4
Italy	18,340	479	132	0	0	0	0	0	18,951	6.7
Japan	5,210	14	2	0	0	60	0	0	5,286	1.9
Mexico	52,988	3,823	169	745	149	54	1	44	57,973	20.5
Nicaragua									*	*
Panama	3,209	72	0	0	0	0	0	0	3,281	1.1
Peru	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0
Spain	2,040	181	342	0	0	0	0	0	2,563	0.9
Thailand	415	916	20	0	0	0	0	0	1,351	0.5
USA	102,324	9,772	2,123	3,647	3,042	691	0	325	121,924	43.1
Venezuela	7,123	3,555	274	0	0	0	0	0	10,952	3.9
Total of *	8,709	2,956	157	0	58	60	220	3	12,163	4.3
Total CYRA	213,806	53,589	6,105	4,392	3,249	874	367	585	282,967	
West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (afuera)										
Canada									*	*
Costa Rica									*	*
Ecuador	47	0	0	0	0	0	0	0	47	0.2
Italy	3,378	37	0	0	0	0	0	0	3,415	14.4
Mexico	1,313	26	0	0	0	0	0	0	1,339	5.6
Spain	184	0	0	0	0	0	0	0	184	0.8
Thailand	0	301	0	0	0	0	0	0	301	1.3
USA	16,244	45	29	0	0	0	0	0	16,318	68.8
Venezuela	47	7	0	0	0	0	0	0	54	0.2
Total of *	2,060	2	0	0	0	0	0	0	2,062	8.7
Total outside	23,273	418	29	0	0	0	0	0	23,720	
Total eastern Pacific	237,079	54,007	6,134	4,392	3,249	874	367	585	306,687	

\* Asterisks in the two right columns indicate data omitted to avoid revealing the operations of individual vessels or companies. The totals of these omitted data are shown immediately following the data for Venezuela.

\* Los asteriscos en las dos columnas a la derecha indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de una compañía o de un barco particular. El total de los datos omitidos se presentan enseguida de los datos de Venezuela.

**TABLE 3.** Number of vessels and carrying capacity of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1985 and the change in capacity from the previous year.

**TABLA 3.** Número de embarcaciones y capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1985 y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior.

Year Año	Number of vessels Número de embarcaciones	Capacity Capacidad	Change in capacity Cambio en la capacidad
1965	279	48,637	
1966	248	46,255	- 2,382
1967	238	46,253	- 2
1968	234	56,480	+ 10,277
1969	226	62,781	+ 6,301
1970	220	71,987	+ 9,206
1971	359	96,003	+ 24,016
1972	379	120,942	+ 25,373
1973	358	139,568	+ 18,626
1974	335	152,556	+ 12,988
1975	335	169,420	+ 16,864
1976	397	184,864	+ 15,444
1977	365	183,298	- 1,566
1978	367	186,791	+ 3,493
1979	329	186,887	+ 96
1980	321	189,426	+ 2,539
1981	290	186,886	- 2,540
1982	262	170,579	- 16,307
1983	271	141,679	- 28,900
1984	214	116,362	- 25,317
1985	198	129,499	+ 13,137

**TABLE 4.** Numbers and carrying capacities (short tons) of fishing vessels (exclusive of longliners) operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear, and size class in 1985.**TABLA 4.** Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras (excluyendo la pesca palangrera) que maniobraron en 1985, en el Océano Pacífico oriental, por bandera, arte y clase de arqueo.

Flag	Gear							Total number of vessels	Total capacity
Bandera	Arte	Size class - Clase de arqueo						Número total de embarcaciones	Capacidad total
		1	2	3	4	5	6		
NUMBER - NUMERO									
Cayman Islands	Seiner							1	*
Costa Rica	Seiner			1			1	2	1,315
Ecuador	Seiner		5	13	6	2	4	30	6,932
	Baitboat	4						4	120
Mexico	Seiner				1	2	50	53	50,645
	Baitboat		2	9	1			12	1,608
Panama	Seiner						3	3	3,600
Spain	Seiner						1	1	*
USA	Seiner	3	15	4	3	1	41	67	45,113
	Baitboat	2	6	1				9	696
	Jigboat	1						1	*
USSR	Seiner					1		1	*
Vanuatu	Seiner						2	2	2,363
Venezuela	Seiner						12	12	14,646
Total of *	2,461								
All flags	Seiner	3	20	18	10	6	115	172	127,061
Todas las banderas	Baitboat	6	8	10	1			25	*
	Jigboat	1						1	*
	All gear	10	28	28	11	6	115	198	129,499
CAPACITY - CAPACIDAD									
All flags	Seiner	100	1,753	2,421	2,408	2,279	118,100	172	127,061
Todas las banderas	Baitboat	178	656	1,368	*			25	*
	Jigboat	*						1	*
	All gear	*	2,409	3,789	*	2,279	118,100	198	129,499

\* Asterisks indicate data omitted to avoid revealing the operations of individual vessels or companies

\* Los asteriscos indican los datos omitidos para evitar revelar las actividades de compañías o de un barco particular.

**TABLE 5.** Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse-seine fleet, 1976-1985.**TABLA 5.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo por clase de arqueado de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental, 1976-1985.

Year Año	Species Especies	Size class—Clase de arqueado								All Todas
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1976	YFT	1.78	1.46	1.37	1.36	1.80	1.18	1.76	1.31	1.56
	SKJ	.91	1.41	.88	.92	.99	.79	.82	.68	.84
	Other	.95	.71	.78	.25	.13	.13	.08	.13	.18
	All	3.64	3.58	3.03	2.53	2.92	2.10	2.66	2.12	2.58
1977	YFT	1.79	1.30	1.41	.93	1.61	1.02	1.34	1.27	1.31
	SKJ	1.24	.71	.58	.44	.59	.50	.52	.53	.55
	Other	1.06	.95	.94	.31	.18	.09	.06	.05	.17
	All	4.09	2.96	2.93	1.68	2.38	1.61	1.92	1.85	2.03
1978	YFT	1.19	1.58	1.61	1.01	1.49	.97	1.18	.90	1.14
	SKJ	1.34	1.20	.98	.92	1.01	1.11	1.22	1.04	1.11
	Other	.49	.57	.55	.24	.11	.10	.10	.07	.16
	All	3.02	3.35	3.14	2.17	2.61	2.18	2.50	2.01	2.41
1979	YFT	1.28	2.01	1.62	1.33	1.43	.97	1.14	.86	1.15
	SKJ	1.43	1.24	.87	.47	.91	.69	.83	.72	.81
	Other	.40	.48	.28	.20	.06	.09	.08	.05	.11
	All	3.11	3.73	2.77	2.00	2.40	1.75	2.05	1.63	2.07
1980	YFT	.64	1.02	1.09	.85	1.16	.62	.98	1.00	.96
	SKJ	.36	.68	.82	.75	.98	.45	.82	.87	.80
	Other	.73	.45	.33	.22	.07	.10	.11	.12	.15
	All	1.73	2.15	2.24	1.82	2.21	1.17	1.91	1.99	1.91
1981	YFT	.83	1.42	1.17	.94	1.29	1.00	1.34	1.13	1.22
	SKJ	.88	1.04	1.09	.78	.90	.43	.77	.85	.80
	Other	.68	.51	.31	.06	.04	.06	.09	.06	.10
	All	2.39	2.97	2.57	1.78	2.23	1.49	2.20	2.04	2.12
1982	YFT	.64	.98	.80	.71	.68	.68	.99	.92	.89
	SKJ	2.16	1.72	1.34	.75	.58	.50	.64	.70	.70
	Other	.59	.20	.34	.07	.05	.02	.05	.06	.06
	All	3.39	2.90	2.48	1.53	1.31	1.20	1.68	1.68	1.65
1983	YFT	1.12	1.76	1.03	.68	.73	1.02	1.08	.84	.98
	SKJ	1.78	2.08	.88	.47	.39	.49	.96	.88	.86
	Other	.57	.38	.13	.05	.02	.03	.04	.03	.05
	All	3.47	4.22	2.04	1.20	1.14	1.54	2.08	1.75	1.89
1984	YFT	1.77	3.10	1.94	1.18	1.69	1.55	1.66	.95	1.53
	SKJ	2.43	2.51	1.56	.68	.61	.55	.77	.56	.76
	Other	1.09	.34	.44	.17	.08	.08	.09	.06	.11
	All	5.29	5.95	3.94	2.03	2.38	2.18	2.52	1.57	2.40
1985*	YFT	1.65	1.58	1.13	1.22	1.59	1.63	2.13	2.06	1.97
	SKJ	2.32	2.88	1.48	0.33	0.41	0.16	0.42	0.31	0.50
	Other	1.02	0.60	0.35	0.33	0.10	0.01	0.03	0.01	0.06
	All	4.99	5.06	2.96	1.88	2.10	1.80	2.58	2.38	2.53

\* preliminary-preliminar



**TABLE 6.** Analysis of variance for the standardization of yellowfin catch rates.**TABLA 6.** Análisis de la varianza de la estandarización de los índices de captura del aleta amarilla.

Source Origen	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Summa de los cuadrados	Mean square Promedio de los cuadrados	F
Year Año	15	900.5	60.0	43.4
Fishing mode Moda de pesca	2	245.5	122.7	88.8
Capacity Capacidad	2	12.5	6.2	4.5
Quarter of year Trimestre	3	32.6	10.9	7.9
Aerial assistance on board Ayuda aérea a bordo	1	28.4	28.4	20.5
Latitude Latitud	2	94.7	47.4	34.3
Vessel speed Velocidad del barco	1	84.7	84.7	61.3
Sea-surface temperature north of 20°N Temperatura de la superficie del mar al norte de los 20°N	1	38.5	38.5	27.9
Sea-surface temperature south of equator Temperatura de la superficie del mar al sur del ecuador	1	23.1	23.1	16.7
Fishing mode and capacity interaction Interacción de la moda de pesca y capacidad	4	118.3	29.6	21.4
Fishing mode and latitude interaction Interacción de la moda de pesca y latitud	4	43.6	10.9	7.9
Residual	17,012	23,511.1	1.4	

**TABLE 7.** Summary of tag return data and age estimates for bluefin tagged in Japan and recaptured in the eastern Pacific.**TABLA 7.** Resumen de los datos de la recuperación de marcas y estimación de la edad de atunes aleta azul marcados en el Japón y recapturados en el Pacífico oriental.

Tag number	Release		Recapture		Days free	Number of annuli	Length at first annulus	Length at second annulus
	Date	Length in centimeters	Date	Length in centimeters				
Numero de la marca	Liberación		Recaptura		Días en libertad	Numero de anillos	Talla al primer anillo	Talla al segundo anillo
	Fecha	Talla en centímetros	Fecha	Talla en centímetros				
H4558	Jan. 20, 1980	50	Jun. 25, 1981	81.8	523	2	45.2	64.8
H4849	Mar. 11, 1980	52	Jul. 23, 1981	76.7	500	2	43.6	67.3
H5154	Jan. 25, 1980	48	Jul. 15, 1981	76.6	538	2	49.0	73.6
H5530	Mar. 22, 1980	51	Jun. 27, 1981	75.5	463	2	48.4	62.9
H5532	Mar. 22, 1980	49	Aug. 15, 1981	79.2	512	2	48.3	64.2
H6067	Apr. 25, 1980	48	Jul. 11, 1981	73.2	443	2	45.2	63.5
Y4587	Dec. 21, 1983	53	Oct. 6, 1984	70.1	291	2	51.5	62.9
Y3105	Dec. 20, 1983	49	Feb. 13, 1985	69.5	422	2	45.8	65.4
Y0719	Nov. 30, 1981	49	Sep. 5, 1982	64.9	279	2	48.4	62.9
06561	Aug. 30, 1981	30	Oct. 12, 1982	70.1	409	2	42.7	61.0
Mean - media		47.9		73.8	438	2.0	46.8	64.9
Standard error of mean Error normal de la media		2.1		1.6	28.9	0.0	0.87	1.11
Range Aug. 30-Apr. 25 Lapso			Feb. 13-Oct. 12					

**TABLE 8.** Tuna-dolphin program's sample coverage of the international fleet.**TABLA 8.** Muestra de la representación de la flota internacional del programa atún-delfín.

	Number of observed with dolphin sets Número de viajes observados con lances sobre delfines	Total number of trips with dolphin sets <sup>A</sup> Número total de viajes con lances sobre delfines <sup>A</sup>	Percentage covered Porcentaje abarcado
United States (NMFS)	23		
United States (IATTC)	26		
Total U.S.	49	107	45.8
U.S. charters (Ecuador and Venezuela) Barcos de EEUU fletados a Ecuador y Venezuela	5	15	33.3
Non-U.S. (IATTC)			
Costa Rica	2		
Ecuador	2 <sup>B</sup>		
Grand Cayman	1		
Panama	4		
Spain	1		
Vanuatu	2		
Venezuela	5 <sup>C</sup>		
Total non-U.S. (excluding Mexico)	17	81	21.0
All countries excluding Mexico Todos los países excluyendo a México	71 <sup>D</sup>	203	35.0
Mexico	0	135	0.0
All countries Todos los países	71 <sup>D</sup>	338	21.0

<sup>A</sup> Adjusted estimates based on IATTC logbook coverage of 91.6% of international purse-seine fleet trips in eastern Pacific

<sup>A</sup> Estimaciones ajustadas basadas en la representación del 91.6% de los viajes de la flota internacional cerquera en el Pacífico oriental según los cuadernos de bitácora

<sup>B</sup> 2 additional trips sampled in which no dolphin sets were made

<sup>B</sup> 2 otros viajes muestreados, pero sin lances sobre delfines

<sup>C</sup> 1 additional trip sampled in which no dolphin sets were made

<sup>C</sup> 1 otro viaje muestreado, pero sin lances sobre delfines

<sup>D</sup> b+c brings actual total number of sampled trips to 74

<sup>D</sup> b+c hace que el número total y actual de viajes muestreados sea 74

**TABLE 9.** Fishing effort by the international tuna purse-seine fleet and average mortality of spotted and spinner dolphins by area. The areas are arranged in order of decreasing fishing effort.

**TABLA 9.** Esfuerzo de pesca de la flota internacional cerquera y promedio de mortalidad por zona de los delfines manchados y tornillo. Las zonas se han clasificado en orden decreciente del esfuerzo de pesca.

Species or stock	Area	Fishing effort (number of sets per year per degree)	Mean kill (dolphins per set)
Especie o stock	Zona	Esfuerzo de pesca (número de lances por grado y año)	Mortalidad media (delfines por lance)
Spotted dolphin	2	3.43	0.89
Delfín manchado	4	3.18	1.53
	7	0.81	4.06
	6	0.09	7.99
Whitebelly spinner dolphin	4	1.70	0.78
Delfín tornillo panza blanca	6	0.06	7.33
Eastern spinner dolphin	2	0.91	1.54
Delfín tornillo oriental	4	0.19	0.50

**TABLE 10.** Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1985. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs in short tons.

**TABLA 10.** Cuotas, capturas, y CPDP (clase 6 de cerqueros) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967-1985. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas, y las CPDP en toneladas americanas.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total catch
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCAA		Captura total
		Captura	CPDF	Captura	CPDF	
1967	84.5	90.1	?	0.0	-	90.1
1968	98	114.5	15.7	1.2	-	115.7
1969	120	126.9	16.1	19.2	20.6	146.1
1970	120	142.4	15.4	30.7	12.0	173.1
1971	140 + (2x10)*	113.9	9.8	22.8	10.5	136.6
1972	120 + (2x10)	152.5	15.5	44.8	12.7	197.3
1973	130 + (3x10)	177.8	12.7	49.5	11.9	227.3
1974	175 + (2x10)	191.6	10.0	41.0	10.3	232.6
1975	175 + (2x10)	175.8	8.1	47.7	12.2	223.5
1976	175 + (2x10)	210.7	9.5	50.7	12.7	261.4
1977	175 + (20 + 15)	203.0	7.9	17.9	9.5	220.8
1978	175 + (20 + 15)	183.4	6.6	16.0	9.5	199.4
1979	175 + (20 + 15)	195.0	5.8	15.1	8.2	210.1
1980	none	147.4	4.8	29.4	8.8	176.8
1981	none	175.4	6.0	26.3	7.8	201.7
1982	none	119.1	4.8	19.8	8.7	138.9
1983	none	90.8	5.7	13.5	6.8	104.2
1984	none	142.7	9.5	18.2	11.5	160.9
1985***	none	217.4	12.7	23.2	18.7	240.7

\* “+ (2x10)” indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director.

\* “+ (2x10)” indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discrecion del Director.

\*\* preliminary-preliminar.

**TABLE 11.** Estimated recruitment in thousands of fish of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined, for 1967-1985. The A estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first quarter in the fishery. The B estimates correspond to the average numbers of fish alive during the first quarter in the fishery. The latter are the same as values used in Table 12.

**TABLA 11.** Reclutamiento estimado en millares de peces de los grupos X e Y, y de los dos grupos combinados, desde 1967-1985. Las estimaciones de A corresponden a las cantidades de peces al comienzo del primer trimestre en la pesca. Las estimaciones de B, corresponden al promedio de las cantidades de peces vivos durante el primer trimestre en la pesca. Estos últimos son iguales a los valores usados en la Tabla 12.

	Year Año	Y	X	X + Y
<b>A</b>	<b>Average Promedio</b>	<b>29408</b>	<b>25758</b>	<b>55166</b>
B	1967	15170	20259	35429
	1968	27667	24724	52391
	1969	16849	18423	35272
	1970	18423	18106	36529
	1971	21055	24050	45105
	1972	14184	14787	28971
	1973	23535	19260	42795
	1974	51106	32091	83197
	1975	19672	23598	43270
	1976	22711	18305	41016
	1977	20476	18356	38832
	1978	48642	24984	73626
	1979	28414	30699	59113
	1980	29449	19990	49439
	1981	29194	23320	52514
	1982	18773	18614	37387
	1983	29168	31603	60771
	1984	41265	34272	75537
	1985	25327	22956	48283
	Average Promedio	26373	23073	49446

**TABLE 12.** Estimated numbers of fish in the population, in thousands, of X and Y cohorts during the 1968 through 1985 seasons.**TABLA 12.** Cantidades estimadas de peces en la población, en millares, de los grupos X e Y durante las temporadas 1968 a 1985.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y	X			
		IV	III	II	I	O	V +	IV	III	II	I
1968	1	50	704	2096	18364	0	54	104	3638	8266	24724
	2	33	482	1306	13050	0	54	61	2399	6134	20195
	3	24	360	943	8833	16849	54	33	1669	4572	16350
	4	20	292	739	6833	13776	54	27	1303	3636	13247
1969	1	218	539	5169	10881	0	47	908	2546	10448	18423
	2	152	340	3730	7390	0	47	550	1530	7961	14834
	3	124	240	2886	4926	18423	47	450	1078	6253	11721
	4	102	196	2360	3744	15083	47	369	881	5073	9221
1970	1	139	1756	2208	12004	0	150	653	3722	6273	18106
	2	90	1220	1120	8560	0	150	452	2572	3988	14611
	3	74	938	792	5991	21055	150	369	1992	3027	11527
	4	60	768	639	4623	17228	150	302	1631	2457	8867
1971	1	610	429	3312	13362	0	286	1285	1675	5951	24050
	2	499	271	2304	9571	0	286	1002	938	3835	19525
	3	409	210	1788	7176	14184	286	815	626	2873	15707
	4	335	169	1420	5647	11606	286	667	499	2278	12493
1972	1	104	732	4057	8779	0	281	174	1449	9437	14787
	2	60	294	2896	5665	0	281	35	792	6380	12039
	3	49	203	2270	3798	23535	281	24	566	4496	9760
	4	40	165	1809	2828	19254	281	20	457	3533	7921
1973	1	88	957	1706	15086	0	197	242	2531	6352	19260
	2	39	357	964	7656	0	197	102	1685	4854	15626
	3	30	213	706	3319	51106	197	72	1233	3695	12624
	4	25	167	569	2413	41535	197	58	988	2861	10218
1974	1	100	337	1775	31460	0	150	709	1556	8025	32091
	2	57	178	1292	17489	0	150	507	740	6164	25731
	3	44	133	1035	9380	19672	150	411	544	4847	20366
	4	36	101	833	6828	15684	150	333	419	3799	15923
1975	1	53	586	4750	11964	0	72	256	2446	11472	23598
	2	17	380	3293	8562	0	72	136	1417	7725	18632
	3	8	283	2476	6226	22711	72	91	1000	5571	14057
	4	7	228	1814	4851	17576	72	72	784	4273	10609
1976	1	169	1090	3568	11786	0	88	566	3136	7472	18305
	2	117	581	2318	6363	0	88	378	2214	4404	14672
	3	96	365	1540	3524	20476	88	271	1646	2710	11498
	4	78	229	1124	2259	16394	88	194	1268	2001	8732

**TABLE 12. Continued**  
**TABLA 12. Continuación**

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y		X			
		IV	III	II	I	O	V +		IV	III	II	I
1977	1	115	716	1470	12081	0	100		937	1395	6468	18356
	2	64	363	965	7447	0	100		698	761	4182	14660
	3	46	152	611	4361	48642	100		533	353	2456	11307
	4	37	58	410	2668	36799	100		417	191	1529	8440
1978	1	25	269	1697	23872	0	86		125	985	6170	24984
	2	13	180	1210	12730	0	86		91	687	4444	16851
	3	8	125	906	6899	28414	86		63	510	3229	10664
	4	6	75	657	4511	20642	86		41	375	2377	7130
1979	1	38	432	2819	12867	0	100		243	1545	4672	30699
	2	21	284	1638	7072	0	100		156	901	3205	22911
	3	15	199	1068	4042	29449	100		114	593	2329	15623
	4	12	146	722	2510	20593	100		91	402	1677	10145
1980	1	96	427	1560	13645	0	80		229	1089	6498	19990
	2	64	261	1017	7932	0	80		140	714	4146	14033
	3	50	195	710	4705	29194	80		107	524	2871	9385
	4	40	142	485	3459	22640	80		82	380	2131	6792
1981	1	73	312	2463	16235	0	80		257	1525	4999	23320
	2	34	205	1714	10226	0	80		176	1110	3487	17402
	3	25	127	1214	5648	18773	80		129	819	2415	12718
	4	20	73	829	3086	14066	80		98	584	1681	8790
1982	1	41	553	1669	9674	0	80		423	968	6282	18614
	2	26	391	931	5894	0	80		324	512	4993	13102
	3	20	291	668	3792	29168	80		257	327	3995	8874
	4	16	207	497	2941	21459	80		199	212	3192	6332
1983	1	137	340	2286	15265	0	90		130	2558	4895	31603
	2	99	240	1745	10643	0	90		88	2061	3811	24444
	3	80	183	1298	7535	41265	90		67	1646	2985	18345
	4	66	128	814	5863	33196	90		50	1205	2364	14271
1984	1	81	501	4411	26354	0	100		869	1842	11403	34272
	2	53	348	3238	20658	0	100		677	1393	9118	26361
	3	40	227	2435	15973	25327	100		532	1036	7315	19415
	4	33	132	1754	11886	20603	100		420	698	5694	14516
1985	1	57	1166	8682	16635	0	150		390	4114	11262	22956
	2	15	723	6361	13079	0	150		188	2736	8802	18416
	3	4	470	4701	10203	24117	150		104	1756	6751	14600
	4	3	327	3518	7805	19044	150		70	1129	5244	11285



**TABLE 13.** Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean during 1954–1985.

**TABLA 13.** Capturas anuales de patudo, en toneladas americanas, obtenidas por todas las artes en el Océano Pacífico y por las artes palangreras y epipelágicas en el Océano Pacífico oriental en 1954–1985.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	surface	longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	pesca epipelágica	palangreros	
1954	303	2,187	
1955	129	2,459	
1956	44	3,271	
1957	75	13,175	
1958	256	14,389	
1959	165	16,231	
1960	202	25,562	
1961	235	72,942	
1962	362	63,503	
1963	83	89,677	
1964	75	56,889	92,900
1965	130	37,346	75,700
1966	294	42,175	85,000
1967	1,834	43,716	87,900
1968	2,821	43,072	73,900
1969	635	63,631	87,900
1970	1,469	40,519	83,800
1971	2,830	34,902	74,700
1972	2,467	43,006	98,000
1973	2,181	61,170	98,400
1974	980	48,669	98,533
1975	4,104	54,762	112,895
1976	11,632	61,348	139,500
1977	8,396	81,333	158,718
1978	12,637	82,015	129,986
1979	8,292	75,098	138,908
1980	17,000	78,928	133,931
1981	10,737		109,191
1982	4,551		111,482
1983	3,576		120,027
1984	6,536		
1985	5,111		

**TABLA 14.** Liberación y recaptura de atunes aleta azul marcados en el Océano Pacífico oriental durante 1958–1980. Los experimentos de 1962–1968 fueron llevados a cabo por el National Marine Fisheries Service de los EEUU, el California Department of Fish and Game y Mission Bay Research Foundation.

[illegible]

TABLE 15. Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan in 1980, 1981, and 1982.

TABLA 15. Liberaciones y recapturas del aleta azul marcado frente al Japón en 1980, 1981 y 1982.

Year class Generacion	Release-Liberación				Recapture-Recaptura							
	Area Zona	Gear Arte	Date Fecha	Number Cantidad	1980		1981		1982		1983	
					West	East	West	East	West	East	West	East
					Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este	Oeste	Este
1979	Southern Kyushu	troll*	Jan.-Apr. 80	671	122	0	33	24	10	0	3	0
		trap**	May 80	33	3	0	0	0	0	0	0	0
	Sea of Japan	trap	Jan.-Jul. 80	35	32	0	0	0	0	0	0	0
1980	Shikoku Island	troll	Aug.-Sep. 80	106	10	0	1	0	1	0	0	0
1981	Shikoku Island	troll	Jul.-Sep. 81	3,297	-	-	264	0	50	24	5	1
1982	Shikoku Island	troll	Jul.-Aug. 82	237	-	-	-	-	24	0	5	0

\* troll-curricán

\*\*trap-trampa

TABLE 16. Input for yield-per-recruit analysis of bluefin.

TABLA 16. Datos utilizados en el análisis del rendimiento por recluta del aleta azul.

Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual)		Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual)	
				1st-year migrants	2nd-year migrants					1st-year migrants	2nd-year migrants
Fecha	Talla (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. pesca (anual)		Fecha	Talla (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. pesca (anual)	
				emigrantes 1r año	emigrantes 2do año					emigrantes 1r año	emigrantes 2do año
Mar. 1	0.00					May 1	80.36	12.86	0.6		
Apr. 1	3.81					Jun. 1	82.77	12.99	0.6	0.5	0.5
May 1	7.57					Jul. 1	85.15	14.03	0.6	1.0	1.0
Jun. 1	11.26					Aug. 1	87.48	15.10	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	14.87	0.07	0.6	0.5	0.5	Sep. 1	89.77	16.20	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	18.43	0.13	0.6	1.0	1.0	Oct. 1	92.03	17.33	0.6	0.5	0.5
Sep. 1	21.93	0.22	0.6	1.0	1.0	Nov. 1	94.24	18.49	0.6		
Oct. 1	25.36	0.35	0.6	1.0	1.0	Dec. 1	96.41	19.67	0.6		
Nov. 1	28.74	0.52	0.6	1.0	1.0	Jan. 1	98.55	20.89	0.6		
Dec. 1	32.05	0.61	0.6	0.5	1.0	Feb. 1	100.65	22.12	0.6		
Jan. 1	35.31	1.00	0.6	1.0		Mar. 1	102.71	23.38	0.6		
Feb. 1	38.51	1.32	0.6	1.0		Apr. 1	104.74	24.66	0.6		
Mar. 1	41.66	1.70	0.6	1.0		May 1	106.73	25.97	0.6		
Apr. 1	44.75	2.15	0.6	1.0		Jun. 1	108.69	27.29	0.6	0.5	0.5
May 1	47.79	2.68	0.6	1.0		Jul. 1	110.61	28.63	0.6	1.0	1.0
Jun. 1	50.77	3.05	0.6	0.1	1.0	Aug. 1	112.50	30.14	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	53.70	3.63	0.6	1.0	1.0	Sep. 1	114.36	31.36	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	56.58	4.27	0.6	1.0	0.5	Oct. 1	116.18	32.74	0.6	0.5	0.5
Sep. 1	59.42	4.98	0.6	1.0		Nov. 1	117.97	34.14	0.6		
Oct. 1	62.20	5.75	0.6	0.5		Dec. 1	119.73	35.55	0.6		
Nov. 1	64.93	6.58	0.6			Jan. 1	121.46	36.97	0.6		
Dec. 1	67.62	7.47	0.6			Feb. 1	123.16	38.41	0.6		
Jun. 1	70.25	8.42	0.6			Mar. 1	124.83	39.85	0.6		
Feb. 1	72.85	9.44	0.6			Apr. 1	126.47	41.30	0.6		
Mar. 1	75.39	10.52	0.6			May 1	128.09	42.72	0.6		
Apr. 1	77.90	11.66	0.6			Jun. 1	129.67	44.22	0.6	0.5	0.5
						Jul. 1	131.22				